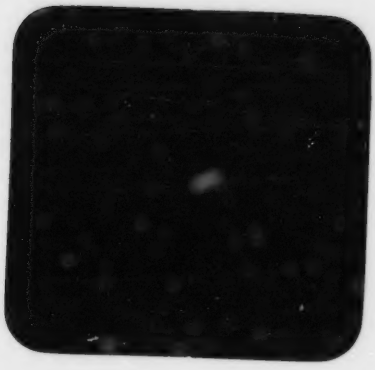
Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois

TOME 3

AGENTS BIOLOGIQUES



Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois

TOME 3

AGENTS
BIOLOGIQUES

Conrad Cloutier
Université Laval

Madeleine Chagnon
Consultants CVIAB Inc.

Étude réalisée à la demande du
Ministère de l'Environnement du Québec et
du Centre québécois de valorisation de la biomasse

MARS 1990

90-07318/

Étude réalisée sous la responsabilité de

Conrad Cloutier, biologiste
Département de biologie
Université Laval
Québec (Québec)
G1K 7P4

Madeleine Chagnon, entomologiste, chargée de projet
Consultants CVIAB Inc.
2845, rue Notre-Dame
Saint-Hyacinthe (Québec)
J2S 2R8

Avec la collaboration de

Carole Cloutier, B. Sc. Agr., Université Laval
France Beauduin, M. Sc., Université Laval

Étude subventionnée par

la Direction de la recherche et des technologies environnementales
du ministère de l'Environnement du Québec
et par
le Centre québécois de valorisation de la biomasse

Référence pour citer ce document

Cloutier, C. et M. Chagnon. 1990. **Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois, tome 3 : Agents biologiques.** Québec. Ministère de l'Environnement et Centre québécois de valorisation de la biomasse, 1990. 105 p.

Mots-clés : lutte biologique, agriculture, agro-système, serre, alternatives, ennemis naturels, Bacillus thuringiensis, prédateurs, parasites, parasitoïdes, bactérie, champignon, virus, protozoaire, nématode, insecte ravageur, biotechnologie.

Dépôt légal – 1er trimestre 1990 Envirodoq EN900005
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-550-20617-7 (Série)
ISBN 2-550-20620-7
Série QEN/EN-21/1

AVANT-PROPOS

Au Québec comme ailleurs, les productions végétales ne peuvent être envisagées sans recourir à des moyens de lutte contre les insectes ravageurs des récoltes. Les pesticides chimiques constituent le moyen de contrôle le plus utilisé. Toutefois, il faut reconnaître qu'un usage massif et parfois abusif des pesticides chimiques entraîne une augmentation de la pollution environnementale et constitue un risque pour la santé humaine. La solution réside dans la limitation de l'utilisation des insecticides chimiques afin d'éviter les écarts de conduite et de favoriser le développement de modes alternatifs de répression des insectes ravageurs.

Cette étude vise à présenter les perspectives techniques et commerciales les plus intéressantes, pour le développement de modes alternatifs de répression des insectes ravageurs dans les agro-écosystèmes, et à suggérer certains projets de développement technologique et industriel au Québec.

L'étude comporte six tomes traitant des sujets suivants :

Tome 1 Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois : document synthèse

Tome 2 Identification des insectes ravageurs dans les agro-écosystèmes conventionnels et état de l'agriculture biologique au Québec

Tome 3 Modes alternatifs de répression des insectes : les agents biologiques

Tome 4 Modes alternatifs de répression des insectes : les techniques physiques

Tome 5 Modes alternatifs de répression des insectes : les méthodes culturales et la résistance des végétaux

Tome 6 Survol de marché des alternatives aux insecticides en agriculture au Québec

Le tome 3 décrit les principaux agents de lutte biologique et leurs modes d'action, identifie la méthodologie de recherche utilisée pour obtenir les informations scientifiques et traite, plus spécifiquement, des organismes biologiques pour la répression d'insectes nuisibles dans les agro-écosystèmes québécois. On y retrouve également des recommandations définissant des interventions spécifiques de nature à permettre l'implantation d'alternatives biologiques pour la répression des ravageurs concernés.

Nous souhaitons que cette étude guide les chercheurs, fournisse des informations aux dirigeants d'entreprises et devienne, pour les organismes gouvernementaux et para-gouvernementaux impliqués dans le domaine, une référence-clé dans l'évaluation de projets soumis à leur attention.

Les interprétations et opinions contenues dans ce document demeurent la responsabilité des auteurs et n'engagent en rien le ministère de l'Environnement du Québec et le Centre québécois de valorisation de la biomasse qui ont subventionné l'étude.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent d'abord au ministère de l'Environnement du Québec et au Centre québécois de valorisation de la biomasse qui ont financé cette étude. Nous remercions également Messieurs **Michel Goulet** et **Richard Desrosiers**, du ministère de l'Environnement du Québec ainsi que Madame **Danielle Rivard** du Centre québécois de valorisation de la biomasse, pour leur appui et leurs judicieux conseils.

L'auteur remercie tous les spécialistes qui ont bien voulu communiquer leur science ou discuter d'aspects plus généraux de la lutte biologique. Un merci tout spécial à Madame **Carole Cloutier**, pour l'efficacité et la qualité de son travail, dans la collecte d'information. Des remerciements vont aussi à Madame **France Beauduin**, pour le soin qu'elle a apporté à vérifier l'exactitude des ouvrages cités, à Monsieur **Rénald Bourgeois** et à Madame **Monique Lalonde** qui se sont acquittés de la correction et de l'amélioration du texte ainsi qu'à Madame **Sylvie Bergeron** qui a coordonné la publication de l'ouvrage.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 3

REMERCIEMENTS 5

TABLE DES MATIÈRES 7

TABLEAUX 8

ANNEXES 9

1. INTRODUCTION 11

2. MÉTHODOLOGIE 12

3. LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES INSECTES 13
   - 3.1 Lutte biologique et autres modes de lutte 13
   - 3.2 Agents biocides inertes 14
   - 3.3 Agents biocides actifs : organismes entomophages 14
   - 3.4 Liste des agents biologiques 16

4. ALTERNATIVES BIOLOGIQUES DE LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS D'IMPORTANCE AU QUÉBEC 16
   - 4.1 Aleurode des serres 16
   - 4.2 Charançon de la carotte 20
   - 4.3 Chrysomèle des racines du maïs 23
   - 4.4 Doryphore de la pomme de terre 25
   - 4.5 Mouche de l'oignon 28
   - 4.6 Piéride du chou 31
   - 4.7 Pucerons des cultures abritées 34
   - 4.8 Puceron de la spirée 39
   - 4.9 Punaise terne 42
   - 4.10 Pyrale du maïs 44
   - 4.11 Tarsonème du fraisier 50
   - 4.12 Tétranyque à deux points 51
   - 4.13 Tétranyque rouge du pommier 55
   - 4.14 Thrips des petits fruits 58

5. CONCLUSION 61

6. BIBLIOGRAPHIE 65

TABLEAUX

Tableau 1 Aleurode des serres (M.), Trialeurodes vaporariorum (Westw.) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 19

Tableau 2 Charançon de la carotte (M.), Listronotus oregonensis (Lec.) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 22

Tableau 3 Chrysomèle des racines du maïs (F.), Diabrotica longicornis Barberi S. & L. : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 24

Tableau 4 Doryphore de la pomme de terre (M.), Leptinotarsa decemlineata (Say) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 27

Tableau 5 Mouche de l'oignon (F.), Delia antiqua (Meig.) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 30

Tableau 6 Piéride du chou (F.), Artogeia rapae (L.), Fausse-teigne des crucifères (F.), Plutella xylostella (L.) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 33

Tableau 7 Pucerons des cultures abritées, Aphis Gossypii Glov. et Myzus persicae (Sulz.) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 36

Tableau 8 Puceron de la spirée (M.), Aphis spiraecola Patch : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 41

Tableau 9 Punaise terne (F.), Lygus lineolaris (P.de B.) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 43

Tableau 10 Pyrale du maïs (F.), Ostrinia nubilalis (Hbn.) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 47

Tableau 11 Tarsonème du fraisier (M.), Steneotarsonemus pallidus Banks : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 51

Tableau 12 Tétranyque à deux points (M.), Tetranychus urticae Koch : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 53

Tableau 13 Tétranyque rouge du pommier (M.), Panonychus ulmi (Koch) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 56

Tableau 14 Thrips des petits fruits (M.), Frankliniella occidentalis (Perg.) : Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte 59

ANNEXES

Annexe A Description des agents biologiques 91

1. Entomophages microbiens 93
   Virus
   Bactéries
   Champignons
   Protozoaires
2. Entomophages parasites et prédateurs 95
   Nématodes
   Insectes parasitoïdes
   Prédateurs

Annexe B Personnes-ressources en lutte biologique contre les insectes et acariens ravageurs 99

1. Au Québec (incluant les ravageurs forestiers et les insectes piqueurs) 101
2. Ailleurs au Canada (liste sélective) 102

Annexe C Fournisseurs d'auxiliaires de lutte biologique et fabricants de biopesticides pour le Canada 103

1. Auxiliaires prédateurs et parasites des ravageurs de serre 105
2. Bacillus thuringiensis kurstaki 105

1. INTRODUCTION

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, la répression des insectes ravageurs a presque exclusivement été fondée sur l'usage de pesticides chimiques. Leur efficacité initiale incontestable, de même que la simplicité d'utilisation et leur faible coût en ont rapidement fait des outils indispensables pour la répression des ravageurs. Aujourd'hui, l'enthousiasme s'estompe. Ce changement de perspective se justifie par la diversité et la gravité des problèmes découlant de leur usage intensif.

Ces problèmes sont identifiés dans les publications scientifiques. D'abord, les répresseurs chimiques classiques sont le plus souvent des neurotoxines non spécifiques des ravageurs qu'ils visent ; ce sont donc des poisons dangereux pour les animaux non visés, les travailleurs qui les manipulent et les consommateurs qui risquent d'être contaminés.

Par ailleurs, les répresseurs chimiques sont souvent des molécules durables ou transformables en substances durables, qui s'accumulent avec le temps et contaminent les milieux naturels, en particulier, le sol et les milieux aquatiques, empoisonnant lentement les écosystèmes. Certaines de ces substances durables peuvent être fortement concentrées dans les tissus animaux par la voie des relations trophiques et, ainsi, atteindre des concentrations toxiques de façon insidieuse et imprévisible, y compris chez les humains.

Enfin, le problème le plus difficile à contrer est certainement le développement de la résistance des ravageurs, un phénomène qui a tendance à s'accélérer. La résistance résulte de la sélection artificielle qui découle de la sensibilité différentielle des individus aux toxines employées, de sorte que les plus tolérants survivent et laissent des descendants. La résistance finit par anéantir l'efficacité des produits répresseurs, les rendant désuets et mettant en péril les investissements initiaux énormes consentis pour leur développement et, parallèlement, toute volonté future de financer la recherche de nouveaux produits efficaces.

Depuis la mise en évidence de ces problèmes, l'accumulation de nouvelles données n'a fait que confirmer ou révéler davantage leur gravité. On a donc pris conscience de la nécessité de trouver des alternatives aux pesticides chimiques et cette conscience se répand dans le public. C'est dans cette perspective qu'a été adoptée, en juin 1987, par l'Assemblée nationale, la **Loi sur les pesticides**. Essentiellement, cette loi reconnaît les problèmes reliés à l'usage des pesticides chimiques, en particulier leurs effets nocifs, non seulement sur la santé humaine, mais aussi sur la qualité de l'environnement. Par ailleurs, l'introduction précise que la Loi « confère également au ministre certains pouvoirs qui lui permettent d'élaborer et de coordonner la recherche et l'usage d'alternatives aux pesticides et d'en favoriser la mise en oeuvre ».

Ce rapport a pour objectif de fournir des données scientifiques sur les modes alternatifs à l'emploi de pesticides chimiques pour la répression des ravageurs en agriculture, soit la lutte biologique. La lutte biologique en agriculture n'est pas nouvelle et ses assises scientifiques sont fondées depuis longtemps. En fait, la lutte biologique a été pratiquée assez activement jusqu'à l'arrivée des pesticides de synthèse, après la seconde guerre mondiale. On s'y intéresse maintenant de plus en plus, cet intérêt se

manifestant par une activité scientifique intense aussi bien théorique que pratique. Plus précisément, nous voulons mettre en lumière, à partir des travaux scientifiques, les alternatives biologiques disponibles ou sérieusement considérées, dans le cas de certains ravageurs, parmi les plus importants en production végétale sur le territoire québécois.

2. MÉTHODOLOGIE

L'information scientifique utilisée a été tirée principalement de revues spécialisées en entomologie et en protection des végétaux. L'assistance à des conférences scientifiques et la consultation d'experts ont aussi servi de sources secondaires d'informations plus spécifiques ou plus récentes. La consultation des banques de données et des revues spécialisées portant sur des insectes ravageurs a d'abord permis d'identifier la plupart des travaux et études scientifiques parues au cours des années récentes, soit jusqu'au milieu de 1988.

Au début de juillet 1988, Conrad Cloutier, responsable de cette partie de l'étude, a assisté au 18e Congrès international d'entomologie qui se tenait à Vancouver et réunissait des milliers de conférenciers. L'assistance à des colloques et des rencontres individuelles portant sur la lutte biologique ont permis de recueillir des informations nouvelles concernant des alternatives et de consulter des experts. Des avis d'experts portant sur des points particuliers ont aussi été obtenus à d'autres moments au cours de l'étude.

Les informations scientifiques recueillies ont été compilées et analysées en regard de la qualité des observations et résultats disponibles concernant chaque alternative pour chaque ravageur ou groupe de ravageurs retenu. Les tableaux de la section suivante ont ensuite été préparés en identifiant les agents biologiques les plus susceptibles de mener au développement de méthodes de lutte pratiques pouvant servir d'alternatives aux pesticides. La liste d'agents constituant chacun des tableaux est sélective plutôt qu'exhaustive.

Il ne faudra pas y chercher tous les antagonistes connus du ravageur ou du groupe de ravageurs. Dans certains cas, ces antagonistes seraient trop nombreux pour les fins de l'étude. Des critères de sélection ont donc été établis et tenaient compte du fait que, parmi les organismes identifiés dans l'information scientifique comme antagonistes d'un ravageur donné, il s'en trouve souvent qui n'ont d'intérêt que comme curiosité scientifique ; d'autres dont la manipulation pratique est irréaliste dans le contexte actuel à cause de leurs caractéristiques propres, de l'inefficacité démontrée de leur action ou du manque de connaissances fondamentales ou pratiques concernant leur relation avec les ravageurs ; et d'autres encore qui pourraient présenter un intérêt, mais sont ici ignorés parce que des alternatives plus avantageuses ou plus réalistes sont par ailleurs disponibles.

La sélection des agents retenus dans les différentes listes a été effectuée avec autant d'uniformité et de rigueur méthodologique que possible. Cependant, le nombre d'agents disponibles variait grandement entre les différents ravageurs, de sorte que des agents, dont les caractéristiques et le potentiel perçu justifiaient dans un cas leur rejet, pouvaient être retenus dans un autre, faute d'autres alternatives.

3. LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES INSECTES

3.1 Lutte biologique et autres modes de lutte

La lutte biologique est rarement utilisée comme seule méthode, mais plutôt comme un des éléments d'une stratégie intégrée faisant appel à toutes les méthodes disponibles. La lutte intégrée n'est pas une méthode de lutte en soi, mais plutôt une stratégie d'application des méthodes disponibles.

Elles sont classées en deux groupes : les méthodes de répression et de prévention. La répression repose sur une intervention avec un agent biocide, dans le but d'éliminer l'organisme nuisible. La répression est le plus souvent une intervention curative. Les pesticides de synthèse sont un autre exemple d'intervention, la plupart du temps essentiellement curative. Ils sont des intoxicants peu spécifiques agissant comme neurotoxines, capables de paralyser ou de tuer rapidement au contact ou à l'ingestion.

Certains problèmes de phytoprotection sont solutionnables, entièrement ou partiellement, par une intervention préventive, lorsque l'infestation n'est pas imminente et que les effets bénéfiques sont envisagés à plus long terme. Les méthodes préventives sont nombreuses et incluent le dépistage, l'emploi de variétés résistantes et de méthodes culturales favorisant le contrôle naturel des populations de ravageurs (rotation des cultures, travail du sol, culture en bandes, compagnonnage, aménagement des bordures).

La lutte biologique réfère le plus souvent à l'utilisation d'organismes vivants ou de produits dérivés d'organismes vivants, dans le but de faire la répression curative ou préventive d'insectes nuisibles. C'est la définition que nous avons adoptée et nous excluons donc des méthodes non fondées spécifiquement sur des biocides (phéromones, juvénoïdes, stérilisants, etc.).

La lutte biologique dispose de plusieurs tactiques de répression qu'on peut diviser en deux grandes classes :

1) les agents biocides inertes qui, bien que de provenance biologique, sont simplement des toxines dérivées de microorganismes (bactéries ou champignons) ;
2) la manipulation d'entomophages actifs et autonomes pouvant tuer les ravageurs. Les entomophages sont des organismes vivants. Ils se nourrissent d'insectes. Ils sont des microorganismes pathogènes ou des animaux invertébrés parasites ou prédateurs des insectes ravageurs.

Stratégies de lutte biologique pour la répression des insectes ravageurs

1) Utilisation de biocides inertes (bioxines d'origine microbiologique)
2) Utilisation de biocides autonomes (entomophages microbiens ou animaux)

I. Manipulation directe par libération d'entomophages

1. Introduction d'entomophages d'origine exotique
2. Libération massive d'entomophages d'origine locale
   i. libération inoculative (lutte préventive)
   ii. libération inondative (lutte curative)

II. Manipulation indirecte par modification du milieu

3. Protection des entomophages par des mesures spécifiques
4. Fourniture de victimes d'appoint à faible densité
5. Fourniture de suppléments nutritifs ou de niches favorables
6. Stimulation chimique de l'activité des entomophages

La lutte biologique offre moins d'alternatives curatives que préventives, parce que les agents biocides autonomes prennent généralement plus de temps pour exercer leur action que les biocides agissant par intoxication. Toutefois, dans le cas de biocides inertes, d'agents pathogènes ou de prédateurs, le délai peut être relativement court.

3.2 Agents biocides inertes

L'utilisation de biocides inertes est une forme simple de lutte biologique qui ne diffère pas, à toutes fins pratiques, de la lutte chimique. La répression est effectuée par une toxine d'origine biologique plutôt que synthétique (Mishra et al., 1987). Cette forme de lutte n'offre pas l'autonomie de l'utilisation d'entomophages comme agents biocides et l'effet répressif attendu est immédiat et peu ou pas durable. La lutte avec un biopesticide inerte repose sur des interventions plus directes et plus soutenues. Elle bénéficie des connaissances acquises en toxicologie des pesticides chimiques et est applicable avec une technologie semblable.

3.3 Agents biocides actifs : organismes entomophages

L'utilisation d'agents biocides actifs consiste à introduire, directement ou indirectement, un organisme entomophage et à le laisser agir. On profite ainsi de :

1) sa capacité d'éliminer le ravageur visé sans assistance ;
2) sa capacité d'autopropagation se traduisant par un effet prolongé et durable, sinon permanent ;
3) sa capacité de repérer le ravageur, dans le cas des parasites et prédateurs, par ses propres moyens.

On réfère souvent aux entomophages en tant qu'auxiliaires de lutte (ACTA, 1983), terme qui souligne bien leur mode d'action autonome. De ce fait, la lutte biologique avec des entomophages nécessite la compréhension :

1) de la relation entre l'entomophage et l'hôte ;
2) du mode d'élimination du ravageur ;
3) de la dynamique de la relation.

La lutte biologique par les entomophages est une forme de régie des populations et repose sur une connaissance de la dynamique des populations des insectes nuisibles visés.

Certains entomophages sont très spécifiques. Ils se nourrissent exclusivement d'une espèce et en sont totalement dépendants pour survivre. Les entomophages peu spécifiques exploitent une gamme plus ou moins étendue d'espèces. La spécificité est l'un des avantages des agents biologiques par rapport aux produits chimiques ; elle permet une intervention précise avec peu d'effets secondaires sur des organismes non visés ou utiles comme les abeilles et les auxiliaires naturels de contrôle. Par contre, une très grande spécificité est désavantageuse du point de vue commercial, car le marché potentiel sera restreint à un ou quelques ravageurs apparentés.

3.3.1 Entomophages microbiens

Les microorganismes pathogènes (causant des maladies) se dispersent sous forme de spores résistantes, par transport passif dans l'air, l'eau ou par l'intermédiaire d'un vecteur. Les champignons peuvent perforer la paroi du corps de l'hôte mais, chez les autres pathogènes, la pénétration se fait par ingestion des spores ou par une blessure. Les microorganismes pathogènes les plus recherchés causent une maladie mortelle à leur hôte. L'infection est souvent accompagnée d'une libération de toxines (parfois exploitées comme biocides inertes, voir ci-dessus). Elle est suivie de la destruction des tissus au profit de la multiplication du microorganisme. Une fois établi dans une population-hôte, un pathogène peut causer une épizootie (épidémie). Elle se développe lorsque la transmission horizontale, d'un hôte à un autre, est facilitée en conditions de surpopulation. Tous les pathogènes sont transmissibles horizontalement et certains peuvent aussi être transmis verticalement par la contamination des oeufs.

Le pathogène idéal possède une forte virulence, un bref délai d'action, des spores résistantes et un rendement élevé en spores pour fins de production industrielle. Les biopesticides, à base de microorganismes pathogènes virulents, peuvent servir comme alternative curative, visant idéalement à déclencher une épizootie dans la population du ravageur. Certains pathogènes peuvent aussi être utilisés à des fins préventives, dans un milieu favorable à la survie des spores.

3.3.2 Entomophages parasites et prédateurs

Les animaux ont un pouvoir de locomotion orienté et de repérage qui les avantage par rapport aux microorganismes et leur confère une autonomie particulièrement recherchée chez un agent biologique. Un parasite doit trouver sa victime et ensuite s'associer de façon intime avec elle, pour s'en nourrir. Un prédateur élimine sa victime sans délai. Un parasite typique ne tue pas sa victime, contrairement à un prédateur. Un parasite n'a donc pas l'effet désiré en lutte biologique, soit l'élimination du ravageur à brève échéance.

Les nématodes utilisés en lutte biologique sont des parasites, mais ils tuent indirectement leur hôte en lui communiquant une infection bactérienne. Les entomophages parasites les plus communément utilisés sont des insectes parasitoïdes. Exploitant d'abord leur victime comme un parasite typique, ils finissent par la tuer en prédateur. Les insectes parasitoïdes sont principalement de l'ordre des hyménoptères et, à un moindre degré, de celui des diptères. Les prédateurs exploités en lutte biologique sont surtout des insectes et des acariens.

3.4 Liste des agents biologiques

Entomophages microbiens

Virus
Bactéries
Champignons
Protozoaires

Entomophages parasites et prédateurs

Nématodes
Insectes parasitoïdes
Prédateurs

L'annexe I présente une description et les modes d'action de ces agents.

4. ALTERNATIVES BIOLOGIQUES DE LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS D'IMPORTANCE AU QUÉBEC

4.1 Aleurode des serres (M.) Trialeurodes vaporariorum (Westw.)

L'aleurode des serres, aussi connu sous le nom de mouche blanche, est l'un des ravageurs les plus importants des cultures sous abri (Stenseth, 1985 ; van Lenteren et Woets, 1988). Originaire d'Amérique tropicale ou sous-tropicale, il est maintenant largement distribué dans le monde et peut attaquer un grand nombre de plantes d'environ 250 genres différents (Parella, 1988). En serres, il se retrouve sur les cultures maraîchères et florales les plus importantes, notamment sur le concombre, la tomate, le chrysanthème et le poinsettia, pour n'en nommer que quelques-unes (Freuler et Paccaud, 1980).

L'aleurode infeste surtout la partie supérieure des plants, mais les feuilles du bas se couvrent du miellat sucré excrété en fines gouttelettes par l'insecte, ce qui favorise le développement de moisissures fumagineuses contribuant au dépérissement du plant.

Les facteurs de régulation naturelle des populations d'aleurodes ont été identifiés dans plusieurs régions du monde où ces ravageurs subsistent à l'état naturel, notamment en Californie pour l'Amérique du Nord. Les maladies fongiques (en particulier d'Aschersonia), les arthropodes prédateurs (notamment des coccinelles, punaises, drosophiles, chrysopides et acariens phytoséiides) et les hyménoptères aphélinides, parasitoïdes spécifiques des larves, constituent les antagonistes les plus fréquemment rencontrés (Freuler et Paccaud, 1980).

Rapporté pour la première fois en Ohio en 1924, le parasite aphélinide exotique, Encarsia formosa Gahan, a été élevé en masse et utilisé avec succès durant les décennies 30 et 40 en Europe du Nord (Hussey, 1979) et au Canada (McClanahan, 1971). Il fut ensuite abandonné pendant plus de 20 ans, ayant cédé sa place aux insecticides de synthèse (van Lenteren et Woets, 1988). La lutte biologique contre l'aleurode a repris depuis 15 à 20 ans en Europe du Nord (van Lenteren et Woets, 1988) et au Canada (McClanahan, 1984). Selon McClanahan (1980), Encarsia s'est établi en permanence dans le sud de l'Ontario, mais c'est en général par libération inoculative ou inondative de pupes, largement disponibles commercialement, qu'il est le plus utilisé. Les techniques de libération d'Encarsia contre l'aleurode sur diverses cultures sous abris, notamment la tomate et, à un moindre degré, le concombre et certaines plantes ornementales, sont parmi les plus évoluées qui soient.

Encarsia est le plus souvent utilisé dans le cadre d'une approche intégrée excluant tout recours aux insecticides chimiques dont le retrait favorise les ravageurs secondaires, notamment les thrips, les pucerons et les mineuses (Freuler et Paccaud, 1980). Encarsia s'est avéré sensible à la plupart des insecticides chimiques et peu apte à la sélection pour la résistance (Delorme et al., 1984). L'emploi efficace d'Encarsia exige la détection hâtive du ravageur par pièges collants jaunes (Osborne, 1984 ; Gillespie et Quiring, 1987) et un nombre limité de lâchers stratégiques du parasite, précédés si nécessaire de traitements insecticides non résiduels pour contenir l'aleurode lorsque sa multiplication risque d'être localement impossible à freiner par le parasitisme (Hussey, 1985a). Un apport de parasites approprié à l'infestation, une température favorable au parasite (si possible au-dessus de 18°C), ainsi que la restriction de l'usage d'insecticides chimiques sont des éléments-clés du succès de l'emploi de cette alternative, particulièrement sur le concombre dont la pilosité nuit aux déplacements du parasite à la recherche d'hôtes (Hussey, 1985b). Des essais de pièges jaunes aux fins de la répression des adultes semblent en confirmer l'utilité dans un programme intégré (van de Veire et Vacante, 1984).

L'usage de myco-insecticides à base du Verticillium lecanii semble aussi avoir fait ses preuves contre l'aleurode des serres, comme l'indique la commercialisation en Europe par la firme Kopperts du produit Mycotal™ mis au point spécifiquement à cette fin (Hall, 1985 ; Drummond et al., 1987). Comme dans le cas d'autres myco-insecticides, l'efficacité du traitement dépend d'une humidité élevée, surtout dans les heures suivant le traitement, condition pouvant être contrôlée artificiellement par la mise en place d'un

coupe-vapeur au-dessus de la végétation ou par un générateur d'humidité. D'autres agents antagonistes potentiellement efficaces sont connus (Fransen et al., 1987 ; Ramakers et Samson, 1984 ; Riba et Entcheva, 1984 ; McClanahan, 1971), mais leur développement ne progresse pas à cause du succès que connaît Encarsia. Celui-ci continue de faire l'objet d'études diverses et approfondies dans le but d'élargir davantage son spectre d'action sous diverses conditions de production.

Conclusion

Avec le tétranyque à deux points, l'aleurode des serres est l'un des ravageurs pour lesquels des moyens biologiques de lutte efficaces sont connus et appliqués depuis longtemps (voir tableau 1). La lutte biologique en serres contre ces deux ravageurs dominants des cultures abritées s'est avérée le moteur principal du développement spectaculaire que connaît la lutte intégrée dans ces productions. La disponibilité commerciale étendue d'Encarsia formosa permet l'implantation rapide de la lutte biologique en culture abritée, pour autant que les producteurs soient adéquatement informés des méthodes appropriées de libération et des facteurs critiques de succès. On ne comprend encore que partiellement les interactions qui font d'Encarsia un parasitoïde efficace. Les recherches, visant à combler cette lacune ou à développer des alternatives parmi des pathogènes, parasitoïdes ou prédateurs reconnus comme antagonistes des aleurodes, doivent être soutenues.

Recommandations

Dans ce contexte, il faudrait :

1) faciliter l'implantation de la lutte biologique contre l'aleurode fondée sur Encarsia, par des campagnes d'information des intervenants et des producteurs ;

2) appuyer le développement de la recherche et de l'application de la lutte biologique en serres, dans le but de mieux adapter l'usage d'Encarsia et d'autres antagonistes.

Tableau 1 : ALEURODE DES SERRES, Trialeurodes vaporariorum (Westw.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Champignons pathogènes						
Acremonium sp. pathogène naturel ; souche isolée de l'aleurode en Bulgarie	destruction par mycose mortelle en 4 jours	biopesticide mycologique	limitée avec fongicides ; infectieux en atmosphère non saturée	souches disponibles dans certains laboratoires européens	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Riba et Entcheva, 84
Aschersonia aleyrodis pathogène naturel spécifique des cochenilles et aleurodes	destruction par mycose ; invasion par germination conidiale	biopesticide mycologique	limitée avec fongicides ; Encarsia peu sensible ; requiert concombre	souches disponibles dans certains laboratoires	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Ferron, 78 ; Fransen et al., 87 ; Samson et Rombach, 85 Wilding, 83
Aschersonia flava placenta pathogènes spécifiques : cochenilles et aleurodes, introduits en URSS de Chine	destruction par mycose	biopesticide mycologique	limitée avec fongicides	souches disponibles en URSS	efficacité à démontrer ; lutte intégrée sur concombre	Lipa, 85
Fusarium verticillioides pathogène naturel ; souche isolée au Sénégal	destruction par mycose	biopesticide mycologique	limitée aux fongicides ; infectieux en atmosphère non saturée	souches disponibles dans certains laboratoires européens	efficacité à démontrer ; développements nécessaires ; Fusarium inclut des phyto-pathogènes	Riba et Entcheva, 84
Verticliium lecanii saprophyte, facultativement pathogène de cochenilles, pucerons et autres insectes et arachnides ; plusieurs souches	destruction par mycose ; invasion par pénétration d'hyphes, ou germination conidiale	biopesticide mycologique aux propriétés épizootiques	variable avec les insecticides chimiques ; sensible aux fongicides ; requiert forte humidité ; effets sur Encarsia négligeables	disponible commercialement ; divers isolats de laboratoire ; Mycotal contient souche spécifique anti-aleurode des serres	efficacité démontrée sous hygrométrie appropriée sur tomate, moins sur concombre ; lutte intégrée avec Encarsia sur tomate	Burges, 81 ; Drummond et al., 87 ; Hall 82, 85 ; Ramakers et Samson, 84 ; Riba, 83 ; Riba et Entcheva, 84 ; Samson et Rombach, 85 ; Wilding, 83

Tableau 1 : ALEURODE DES SERRES, Trialeurodes vaporariorum (Westw.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
II. Parasitoïdes						
Encarsia formosa hyménoptère aphélinide exotique, spécifique	destruction des pupes par parasitisme, et des larves par piqûres d'alimentation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	incompatible avec les insecticides chimiques ; variable avec autres pesticides	largement disponible commercialement	usage opérationnel ; soutien éducatif initial souhaitable	Delorme et al., 84 ; Freuler et Paccaud, 80 ; Hussey, 85c ; Hussey et Scopes, 77 ; Lăcătusu et al., 84 ; McClanahan, 84 ; Osborne, 81 ; Stenseth, 85 ; van Lenteren et Woets, 88 ; van de Veire et Vacante, 84 ; Woets et van Lenteren, 76 ; Yano, 87
III. Prédateurs						
Macrolophus costalis hétéroptère miride	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	incompatible avec les insecticides chimiques	élevé en Bulgarie, URSS, Pologne	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Lipa, 85

4.2 Charançon de la carotte (M.) Listronotus oregonensis (Lec.)

Dans le nord-est américain, le charançon de la carotte est un ravageur important de la carotte et d'autres ombellifères cultivées, notamment le céleri et le persil ; des mauvaises herbes vivaces, en particulier, la carotte sauvage et le plantain servent aussi d'hôtes (Perron, 1971 ; Stevenson, 1976 ; Boivin, 1988). Au Québec, les dommages sont limités à la carotte dans les terres organiques du sud-ouest de la province (Perron, 1971 ; Boivin, 1988). Les adultes trouent le pétiole des jeunes feuilles pour s'alimenter et pondre, mais les dommages résultent principalement de l'alimentation des larves qui forent la base des feuilles et, surtout, de la racine qui devient impropre au marché (Boivin, 1988). Des pertes allant jusqu'à 40% (Boivin, 1985) ou même 70% (Beirne, 1971) ont été rapportées en l'absence de mesures de répression, mais des valeurs de 15 à 20% semblent plus représentatives de l'impact normal du charançon en cas d'infestation.

Peu d'informations sont disponibles sur la régulation naturelle des populations du charançon. Une partie importante de la mortalité survient au cours de l'hiver (Grafius et Collins, 1986). Elle ne semble pas due aux basses températures et s'avère plus sévère en milieu couvert de mauvaises herbes, suggérant l'intervention d'antagonistes naturels. Des incidences élevées de parasitisme des oeufs par le mymaride, Anaphes sordidadus, ont été observées au Québec (Boivin, 1986) et aux Etats-Unis (Collins et Grafius, 1986a, b) ; des parasites de larves ont aussi été rapportés.

Récemment, la sensibilité des larves, pupes et adultes du charançon à trois espèces de nématodes, y compris le complexe némato-bactérien, Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae), a été démontrée en laboratoire (Bélair et Boivin, 1985) et des tests de répression sur le terrain sont en cours (Boivin, communication personnelle). Par ailleurs, la sensibilité du charançon aux pathogènes fongiques à large spectre, Beauveria bassiana et Metarhizium anisopliae, est présentement à l'étude (Searle et Yule, 1988).

Conclusion

Malgré la diversité réduite des antagonistes naturels répertoriés du charançon, son activité souterraine offre des opportunités d'intervention avec des biopesticides à large spectre d'action comme les complexes némato-bactériens actuellement disponibles, notamment Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) ou les champignons, en particulier le Beauveria bassiana (voir tableau 2). L'oophage Anaphes sordidadus pourrait être manipulé directement ou indirectement pour en augmenter l'impact répresseur sur l'éclosion des oeufs, mais des recherches seront nécessaires.

Recommandations

Dans ce contexte, il faudrait :

1) favoriser la recherche de biopesticides résiduels efficaces parmi les formules à base de pathogènes à large spectre d'action (ex. Boverin™) ou des pathogènes spécifiques de coléoptères (ex. M-cap™) ;
2) développer un protocole opérationnel d'intervention avec le complexe némato-bactérien démontré comme efficace, Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) ;
3) rechercher des tactiques de manipulation de parasites capables d'incidences de mortalité élevées, notamment du mymaride Anaphes sordidadus.

Tableau 2 : CHARANÇON DE LA CAROTTE, Listronotus oregonensis (Lec.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Champignon pathogène						
Beauveria bassiana pathogène à large spectre d'activité	libération de toxines ; mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet épizootique	variable avec les fongicides, insecticides et herbicides ; applicable en combinaison avec certains insecticides	formules commerciales et expérimentales en Amérique ; produit industriel dans les pays de l'Est (Boverin)	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Searle et Yule, 88
II. Nématodes						
Steinernema feltiae (= Neoplectana carpocapsae) souche DD136 ; pathogène non spécifique	complexe infectieux ver-bactérie ; septicémie mortelle	biopesticide nématologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet rémanent	non connue, probablement comparable à celle des pathogènes ; sensible à la sécheresse	formules commerciales disponibles aux États-Unis	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Bélair et Boivin, 85
Steinernema bibionis pathogène non spécifique	complexe infectieux ver-bactérie ; septicémie mortelle	biopesticide nématologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet rémanent	non connue, probablement comparable à celle des pathogènes ; sensible à la sécheresse	disponible dans plusieurs laboratoires	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Bélair et Boivin, 85
Heterorhabditis heliothidis pathogène non spécifique	destruction par parasitisme	biopesticide nématologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet rémanent	non connue, probablement comparable à celle des pathogènes ; sensible à la sécheresse	disponible dans plusieurs laboratoires	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Bélair et Boivin, 85
III. Parasites						
Anaphes sordidadus hyménoptère mymaride oophage, indigène	destruction par parasitisme	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection	avec les auxiliaires ; peu compatible avec les insecticides chimiques ; variable avec les autres pesticides	faune indigène	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Boivin, 86 ; Collins et Grafius, 86a, b

4.3 Chrysomèle des racines du maïs (F.) Diabrotica longicornis Barberi S. & L.

La chrysomèle des racines du maïs, Diabrotica longicornis Barberi Smith et Lawrence, est un ravageur important du maïs en Amérique du Nord, pouvant réduire le rendement de façon marquée lorsqu'aucune mesure de répression n'est prise. Au Canada, des dommages importants dus à la chrysomèle des racines du maïs sont rapportés en Ontario (Beirne, 1971) et, à un moindre degré, au Québec, où son action se limite à la rive sud du Saint-Laurent, dans le sud-ouest. Les dommages de la chrysomèle résultent principalement de l'alimentation des larves sur les racines d'ancrage, rendant les plants susceptibles à la verse et au « col d'oie », port courbé des plants versés qui se redressent.

Malgré l'importance des dommages de la chrysomèle des racines du maïs en Amérique du Nord, il existe peu d'information précise sur les maladies et parasites qui l'affectent. La nature du sol et les antagonistes semblent diminuer la survie. Les maladies fongiques (Naranjo et Steinkraus, 1988) et les insectes prédateurs, notamment des coléoptères carabides, sont mentionnés de façon particulière (Tyler et Ellis, 1979). Naranjo et Steinkraus (1988) ont récemment rapporté un champignon entomophthoracée pathogène des adultes de la chrysomèle dans l'état de New York. La sensibilité des larves de Diabrotica au complexe némato-bactérien Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) a été démontrée (Poinar, 1979), et des essais expérimentaux de répression avec le nématode se sont avérés encourageants (Poinar et al., 1983).

Conclusion

La culture du maïs en Amérique du Nord est un exemple de la monoculture poussée à l'extrême, caractérisée par un déséquilibre entre les phytophages et leurs ennemis naturels. Il est difficile d'imaginer l'existence d'un équilibre naturel entre la chrysomèle et ses antagonistes naturels dans les conditions qui prévalent, étant donné l'importance des superficies cultivées, limitant sérieusement la pénétration des antagonistes à partir de l'extérieur, et le maintien du sol dans un état plus ou moins réfractaire aux auxiliaires, par l'usage d'insecticides de longue persistance dès le semis. Outre la manipulation en principe possible des prédateurs du sol, le développement de biopesticides efficaces semble une des seules approches raisonnables de lutte biologique contre la chrysomèle (voir le tableau 3), du moins à court terme.

Recommandations

Il faudrait :

1) encourager la recherche de biopesticides résiduels visant les larves du sol, M-Cap™ pourrait s'avérer un candidat à l'occupation de ce créneau ;
2) expérimenter les formules de Beauveria bassiana, y compris Boverin™ ;

3) faire des essais sérieux avec les complexes némato-bactériens déjà disponibles, notamment Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) ;

4) rechercher de nouveaux pathogènes, notamment étudier le potentiel du pathogène fongique des adultes découverts aux Etats-Unis ;

5) encourager la recherche de protocoles de lutte intégrée, permettant de protéger ou de manipuler l'activité des carabides prédateurs inféodés au sol en maïsiculture.

Tableau 3 : CHRYSOMÈLE DES RACINES DU MAÏS, Diabrotica longicornis Barberi S. & L. Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Champignons pathogènes						
Beauveria bassiana pathogène à large spectre d'activité, rapporté sur D. barberi en Illinois	libération de toxines suivie de mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet épizootique	variable avec les pesticides ; applicable en combinaison avec certains insecticides	formules commerciales et expérimentales en Amérique ; produit industriel dans les pays de l'Est (Boverin)	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Naranjo et Steinkraus, 88
Enthomoph-thoracée sp. pathogène non identifié rapporté sur D. barberi dans l'état de New York	destruction par mycose	biopesticide mycologique aux propriétés épizootiques	probable avec des insecticides chimiques et biologiques ; improbable avec les fongicides ; requiert humidité élevée	incidence naturelle	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Naranjo et Steinkraus, 88
II. Nématodes						
Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) pathogène non spécifique	complexe infectieux ver-bactérie causant septicémie	biopesticide nématologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet rémanent	probablement comparable à celle des pathogènes ; sensible à la sécheresse	formules commerciales disponibles aux Etats-Unis	efficacité à vérifier ; améliorations techniques nécessaires	Poinar, 79 ; Poinar et al., 83
III. Prédateurs						
Carabidae coléoptères polyphages indigènes	destruction par prédation	manipulation indirecte par mesures de protection	limitée avec les insecticides chimiques	faune indigène	efficacité à vérifier ; lutte intégrée	Tyler et Ellis, 79

4.4 Doryphore de la pomme de terre (M.) Leptinotarsa decemlineata (Say)

Le doryphore de la pomme de terre, l'insecte ravageur le plus important de la pomme de terre, peut causer des pertes de rendement de 30 à 50% ou plus, sans mesure de répression (Beirne, 1971). Originaire du Mexique ou du sud-ouest américain, il est maintenant présent presque partout dans l'hémisphère nord (Casagrande, 1987 ; Hollyday et Parry, 1987). Les larves et les adultes se nourrissent du feuillage de pomme de terre. Les adultes peuvent aussi se nourrir des parties aériennes de l'aubergine, de la tomate et parfois d'autres plantes. Il existe des races de doryphore mieux adaptées à certaines plantes. Le doryphore est à l'origine des premières applications massives d'insecticides en agriculture et a été réprimé par toutes les catégories de produits à mesure qu'elles sont devenues disponibles (Casagrande, 1987).

Les populations du doryphore sont très fluctuantes et surtout drainées par le manque de nourriture, l'émigration des adultes et la mortalité hivernale (Harcourt, 1971 ; Hollyday et Parry, 1987). L'action des ennemis naturels semble mineure ou incohérente (Sears, 1987). La mouche tachinide, Myiopharus (=Doryphorophaga) doryphorae, parasitoïde des larves, est le seul ennemi naturel indigène notable et elle semble incapable de réagir aux fluctuations du doryphore. Des recherches ont été effectuées récemment sur la possibilité de lâchers inondatifs du parasite oophage, Edovum putleri, originaire d'Amérique du Sud. Son efficacité n'est pas établie et son activité dans les conditions climatiques locales serait affectée par les basses températures.

Les alternatives biologiques qui offrent les meilleures possibilités actuellement (voir le tableau 4) sont des biopesticides à base de certains sérotypes du Bacillus thuringiensis (Duchêsne et Boiteau, 1987). Les formules de B.t. commercialisées au Canada pour la répression de lépidoptères sont basées sur le B.t. kurstaki inactif contre le doryphore, mais des formes recombinantes de ce B.t. avec spectre élargi d'activité pourraient bientôt être disponibles. Les produits expérimentaux potentiellement efficaces contre le doryphore, et qui sont les plus près de la commercialisation au Canada, sont des produits à base d'endotoxine des B.t. san diego (M-one™) et tenebrionis ou à base de thuringiensine, l'exotoxine du B.t. thuringiensis.

Ces produits disponibles pour fins expérimentales ont déjà été ou sont présentement testés. Ils semblent efficaces pour la répression des jeunes larves. Des produits expérimentaux à base de champignons et, en particulier, du Beauveria bassiana sont également disponibles pour essais et pourraient occuper le créneau de la répression des pupes et des adultes au sol. En URSS, B. bassiana est produit industriellement et distribué sous l'appellation de Boverin™, pour application en mélange avec de faibles doses d'insecticides contre le doryphore (Duchêsne et Boiteau, 1987). Il est établi que le doryphore est sensible au complexe némato-bactérien, Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae), (Duchêsne et Boiteau, 1987) et on peut envisager sérieusement la possibilité d'utiliser un biopesticide de cette nature contre les pupes et les adultes au sol.

Conclusion

Il n'existe pas encore d'alternative biologique dont l'efficacité est établie contre le doryphore. Les antagonistes naturels sont peu nombreux, peu efficaces. Les alternatives biologiques à l'étude sont toutefois nombreuses, comprenant des biopesticides, des parasitoïdes exotiques et des prédateurs généralistes. Celles qui sont le plus près de devenir de véritables solutions sont des biopesticides à base de B.t., du Beauveria bassiana et, à un moindre degré, de Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae).

La résistance aux insecticides chimiques est en progression au Québec. La réponse immédiate à cette situation devrait être l'application de mesures de régie destinées à ralentir son expansion, comme la rotation des insecticides et le dépistage systématique du ravageur. Le doryphore est un ravageur cosmopolite, génétiquement très diversifié et capable de réactions évolutives face à toute pression. L'usage de pesticides ou de toute autre mesure de répression intense du ravageur a peu de chances de demeurer très efficace à long terme. La lutte intégrée axée sur des interventions multidirectionnelles est donc l'approche la plus prometteuse.

Recommandations

Il faudrait donc :

1) poursuivre les essais de produits à base de B.t. démontrés efficaces contre les coléoptères ;
2) autoriser ceux qui sont basés sur des endotoxines de B.t. ;
3) encourager les essais de produits à base de champignons, notamment le Beauveria bassiana, et de produits à base de nématodes, notamment Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) ;
4) appuyer la recherche portant sur d'autres alternatives, notamment des parasitoïdes exotiques et des prédateurs d'oeufs ou de larves.

Tableau 4 : DORYPHORE DE LA POMME DE TERRE, Leptinotarsa decemlineata (Say)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Pathogènes : produits dérivés du Bacillus thuringiensis						
B.t. thuringiensis souche peu spécifique	spores plus ß-exotoxine ; interfère avec la la synthèse d'ARN chez les animaux	biopesticide bactériologique ; intervention curative d'effet non rémanent	efficacité établie avec le parasitoïde Edovum, et plusieurs insecticides et fongicides ; sécurité incertaine	formules expérimentales en Amérique ; produit industriel dans les pays de l'Est (Bitoxibacillin)	sécurité incertaine ; à considérer pour usage limité	Boiteau, 88 ; Boiteau et Dunphy, 85 ; Cantwell et al., 83, 85b ; Duchesne et Boiteau, 87 ; Jaques et Laing, 87 ; Martel et Belcourt, 85 ; Pitblado, 85b ; Sears et Mcgraw, 87
B.t. tenebrionis souche spécifique des coléoptères	spores plus d-endotoxine ; paralysie gastrique et septicémie	biopesticide bactériologique ; intervention curative d'effet non rémanent	non connue spécifiquement, probablement identique aux autres dérivés du B.t.	formules expérimentales	progrès rapides attendus	Krieg et al., 83 ; Langenbruch et al., 85 ; McPherson et al., 88
B.t. san diego souche spécifique des chrysomèles	spores plus d-endotoxine ; paralysie gastrique et septicémie	biopesticide bactériologique ; intervention curative d'effet non rémanent	non connue spécifiquement, probablement identique aux autres dérivés du B.t.	formule commerciale disponible (M-One)	homologation probable ; progrès rapides attendus	Boiteau et Dunphy, 87 ; Duchêsne, 87 ; Herrnstadt et al., 86 ; Jaques et Laing, 87 ; Thompson et al., 87
II. Pathogènes : champignons						
Beauveria bassiana pathogène non spécifique	libération de toxines suivie de mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet épidémique	variable avec les fongicides, insecticides et herbicides ; applicable en combinaison avec certains insecticides	formules commerciales et expérimentales en Amérique ; produit industriel dans les pays de l'Est (Boverin)	améliorations techniques nécessaires ; homologation éventuelle à considérer	Anderson et Roberts, 83 ; Bajan, 80 ; Boiteau, 88 ; Cantwell et al., 86 ; Duchêsne et Boiteau, 87 ; Hajek et al., 87 ; Loria et al., 83 ; Martel et Belcourt, 85 ; Roberts et al., 80 ; Samsinakova et Kalalova, 81 ; Wilding, 83
Metarhizium anisopliae souche spécifique	destruction par mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative	probable avec certains insecticides ; peu compatible avec fongicides	état expérimental	lutte intégrée	Fargues, 85
III. Pathogènes : microsporidies						
Nosema decemlineata pathogène naturel spécifique	maladie chronique	agent naturel de mortalité	partielle avec des insecticides chimiques	état expérimental	lutte intégrée ; répression naturelle	Hostounsky, 84 ; Lipa, 68

Tableau 4 : DORYPHORE DE LA POMME DE TERRE, Leptinotarsa decemlineata (Say) Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
IV. Nématodes						
Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) pathogène non spécifique	complexe infectieux ver-bactérie ; septicémie	biopesticide nématologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet rémanent	comparable à celle des pathogènes	formules commerciales disponibles aux Etats-Unis	améliorations techniques nécessaires ; homologation éventuelle à considérer	Danilov, 78 ; Duchêsne et Boiteau, 87 ; MacVean et al., 82 ; Poinar, 79 ; Toba et al., 83
IV. Parasitoides						
Edovum putleri hyménoptère eulophide introduit de Colombie, Amérique du Sud	destruction par parasitisme et piqûres de ponte	lâchers inondatifs ; lutte curative durant la période de ponte	limitée avec les insecticides chimiques ; établie avec certains biopesticides et herbicides	élevé à Guelph, Ont. et dans plusieurs laboratoires en Amérique	potentiel incertain ; incapable de survivre à l'hiver, peu efficace au-dessous de 20°C	Cantwell et al., 85b ; Jansson et Lashomb, 88 ; Jansson et al., 87 ; Lashomb et al., 87 ; Obrycki et al., 85, 86, 87 ; Ruberson et al., 87 ; Schroeder et al., 85 ; Sears, 87 ; Williams, 87
Myiopharus (= Doryphorophaga) doryphorae diptère tachinide indigène	destruction par parasitisme	manipulation indirecte par des mesures de protection	limitée avec les insecticides chimiques	normalement présent dans les champs ; méthode d'élevage connue	mesure complémentaire ; lutte intégrée ; incapacité à réagir rapidement	Sears, 87 ; Horton et Capinera, 87

4.5 Mouche de l'oignon (F.) Delia antiqua (Meig.)

La mouche de l'oignon est l'insecte ravageur le plus important de l'oignon. Elle peut causer des pertes de rendement de 50 à 95% sans mesure de répression ; des dommages de 5 à 20% sont possibles, même avec l'emploi de mesures réputées efficaces (Tolman et al., 1986). Cet insecte originaire d'Europe est maintenant répandu partout dans l'hémisphère nord. Les asticots se nourrissent dans le bulbe de l'oignon, de l'ail, de l'échalote, du poireau et d'autres espèces d'Allium. Le dommage direct est souvent accompagné de pourriture bactérienne, dont la pénétration est facilitée par les blessures (Beirne, 1971).

Plusieurs acariens et insectes prédateurs peuvent attaquer dans le sol les stades immatures de Delia (Tomlin et al., 1985). Des parasitoïdes de la pupe, capables de causer une mortalité notable, sont connus (Perron, 1972). Un auxiliaire des plus intéressants est le staphylin Aleochara bilineata dont les adultes sont prédateurs des oeufs ou des larves du ravageur, alors que les larves parasitent les pupes. Malheureusement, les adultes du staphylin sont absents durant la première génération de la mouche de l'oignon, quand leur action prédatrice serait la plus utile. Les mouches de

Delia sont attaquées par divers prédateurs, en particulier la mouche tigre, Coenosia tigrina, un prédateur généraliste d'insectes volants, surtout des mouches (Perron, 1972 ; Morris et Cloutier, 1987).

Le champignon Entomophthora muscae, un pathogène capable de décimer les populations d'adultes en conditions favorables, est un facteur de mortalité important ; il peut réagir aux fluctuations d'abondance de la mouche (Perron, 1972 ; Carruthers et al., 1985a, 1986). En conditions normales, l'impact global des antagonistes semble inadéquat pour maintenir la mouche de l'oignon à faible densité, sans doute à cause de l'usage intensif d'insecticides chimiques.

On peut envisager le développement de biopesticides et la manipulation de parasites ou de prédateurs comme alternatives biologiques de répression (voir le tableau 5). Des tests de laboratoire ont démontré la sensibilité des mouches à la destruxin E, une toxine dérivée du champignon entomophage Metarhizium anisopliae et qui pourrait donc, en principe, servir d'ingrédient actif d'insecticides mycobiologiques contre la mouche. Des mycopesticides à base d'Entomophthora muscae ou d'autres champignons, notamment les Paecylomyces farinosus et fumosoroseus, sont aussi des alternatives potentielles. La sensibilité de D. antiqua au complexe némato-bactérien Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) est démontrée, offrant une autre alternative intéressante. La possibilité de manipulation directe et indirecte d'auxiliaires indigènes existe en principe, puisque certaines espèces bien adaptées de prédateurs (mouche Coenosia tigrina, staphylin Aleochara bilineata) et de parasitoïdes de larves (braconide Aphaereta pallipes) ou de pupes (larves d'Aleochara bilineata) ont été identifiées comme candidates et élevées artificiellement avec succès. Des lâchers inondatifs de ces auxiliaires sur de grandes superficies plantées semblent irréalistes, mais des lâchers inoculatifs ou inondatifs sur de petites superficies demeurent possibles et devraient être essayés pour en établir l'efficacité et les modalités d'application. La protection des auxiliaires par une régie convenable des insecticides est la seule tactique de manipulation indirecte applicable à court terme. La tendance actuelle à l'usage exclusif d'insecticides granulaires au semis est représentative de ce choix et devrait permettre d'en vérifier l'utilité.

Conclusion

Aucune alternative biologique efficace n'est actuellement disponible pour la répression de la mouche de l'oignon. Des efforts encore limités de recherche d'alternatives ont porté sur la possibilité du développement de biopesticides à base de champignons ou du complexe némato-bactérien Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae). Plusieurs antagonistes prédateurs et parasites sont connus, mais leur manipulation n'a pas été sérieusement considérée.

Recommandations

Dans le cas de la mouche de l'oignon, il faudrait donc :

1) encourager la recherche visant le développement de biopesticides à base de champignons, notamment E. muscae ;
2) effectuer des tests visant à démontrer l'efficacité du complexe nématobactérien Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) ;
3) encourager la recherche visant le développement de techniques de manipulation directe et indirecte des auxiliaires, notamment A. bilineata, A. pallipes et C. tigrina ;
4) encourager la protection des auxiliaires par le dépistage afin de minimiser l'usage des insecticides.

Tableau 5 : MOUCHE DE L'OIGNON, Delia antiqua (Meig.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Champignons pathogènes						
Metarhizium anisopliae pathogène peu spécifique	intoxication par la destruxin E ; destruction par mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative d'effet non rémanent	inconnue, probablement limitée avec les fongicides et les auxiliaires	formules expérimentales à l'essai en laboratoire	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Poprawski et al., 85a, b, ; Wilding, 83
Entomophthora muscae pathogène de diptères	destruction par mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative par application au sol au contact des pupes	inconnue ; probablement limitée avec les fongicides et les auxiliaires ; peu compatible avec Coenosia tigrina	formules expérimentales pour essais en laboratoire	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Carruthers et Haynes, 85, 86 ; Carruthers et al., 85a, 85b, 86 ; Tu et Harris, 88
Paecilomyces farinosus pathogène peu spécifique	destruction par mycose	biopesticide mycologique pour intervention inoculative et curative	inconnue, probablement limitée avec les fongicides et les auxiliaires	formules expérimentales	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Poprawski et al., 85a
P. fumoso-roseus pathogène peu spécifique	destruction par mycose	biopesticide mycologique pour intervention inoculative et curative	inconnue, probablement limitée avec les fongicides et les auxiliaires	formules expérimentales	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Poprawski et al., 85a
II. Nématodes						
Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) pathogène peu spécifique	complexe infectieux ver-bactérie ; septicémie	biopesticide nématologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet rémanent	non connue, probablement comparable à celle des pathogènes	formules commerciales disponibles aux Etats-Unis	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Morris, 85

Tableau 5 : MOUCHE DE L'OIGNON, Delia antiqua (Meig.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
III. Parasitoïdes et prédateurs						
Aphaereta pallipes hyménoptère braconide indigène, parasite de diptères	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; protection	limitée avec les insecticides chimiques ; variable avec autres pesticides	faune indigène ; méthode d'élevage connue	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Carruthers et al., 85b ; Perron, 72 ; Whistlecraft et al., 84
Aleochara bileneata coléoptère staphylinide indigène	destruction par parasitisme des pupes à l'état de larve, et par prédation des oeufs ou des asticots à l'état adulte	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; protection	limitée avec les insecticides chimiques ; variable avec autres pesticides	faune indigène ; méthode d'élevage connue	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Tomlin et al., 85 ; Whistlecraft et al., 84, 85
Coenosia tigrina diptère anthomyiide indigène, prédateur de diptères	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; protection	limitée avec les insecticides chimiques ; variable avec autres pesticides ; sensible à E. muscae	faune indigène ; méthode d'élevage connue	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Morris et Cloutier, 87 ; Perron, 72

4.6 Piéride du chou (F.) Artogeia rapae (L.)

La piéride du chou, un ravageur très important des crucifères, peut causer des pertes de rendement atteignant 50%, sans mesures de répression (Beirne, 1971). Avec la fausse-arpenteuse du chou et la fausse-teigne des crucifères, la piéride forme un trio de lépidoptères ravageurs considérés ensemble pour des fins de protection. L'adulte est un papillon blanc, tacheté de noir, bien connu et commun pendant une grande partie de l'été. Cet insecte, originaire d'Europe et maintenant répandu partout dans l'hémisphère nord, est apparu pour la première fois en Amérique, au Québec, en 1860. Les chenilles se nourrissent du feuillage ou de la pomme du chou, du chou-fleur, du brocoli, du chou de Bruxelles, du chou frisé et du rutabaga ; et, occasionnellement, de l'oignon, de la moutarde cultivée, du navet, du radis et de quelques ornementales ; des crucifères sauvages sont aussi utilisées comme plantes-hôtes. La valeur commerciale d'une culture infestée de piéride diminue rapidement à cause des dommages aux feuilles et de la contamination par les excréments des chenilles.

Diverses formules du B.t. kurstaki, homologuées et commercialisées au Canada, sont déjà recommandées contre ces ravageurs. La lutte biologique contre ces trois ravageurs du chou est parmi les plus avancées, particulièrement en Ontario (Morris et al., 1986). Par ailleurs, il existe des tables de survie pour la piéride dans l'est du Canada, permettant de mesurer l'impact des agents de mortalité (Harcourt, 1966).

Les larves sont attaquées par divers parasitoïdes et prédateurs. Le braconide Cotesia (=Apanteles) glomeratus et le ptéromalide Pteromalus puparum sont des endoparasitoïdes grégaires ; le premier, des jeunes larves, et le second, des chrysalides, responsables d'incidences de mortalité élevées, mais surtout en fin de saison. Récemment, le parasitoïde solitaire des larves Cotesia (=Apanteles) rubecula a été introduit de Colombie-Britannique en Ontario (Laing et Corrigan, 1987).

Les chenilles de la piéride sont très susceptibles aux épizooties d'un virus à granulose spécifique (ArGV) qui peut rapidement décimer les populations à forte densité, particulièrement au cours des générations tardives (Jaques et Harcourt, 1971 ; Jaques, 1974). La propagation du virus est facilitée par la pluie, le travail du sol et le vent, et le parasitoïde C. glomeratus peut agir comme vecteur du virus (Levin et Laing, 1979 ; Levin et al., 1981, 1983). Des préparations expérimentales d'ArGV ont été utilisées avec succès pour la répression de la piéride, démontrant le potentiel de développement de biopesticides viraux efficaces à partir du pathogène naturel (Jaques, 1973, 1974, 1977 ; Morris et al., 1986).

Plusieurs marques de biopesticides à base du B.t. kurstaki sont déjà autorisées et utilisées contre la piéride du chou, et le recours à cette alternative est en progression (Morris et al., 1986). De plus, ils ont été utilisés avec succès lors d'essais de combinaison des préparations virales à base d'ArGV ou même du virus non spécifique AcNPV, avec des pesticides chimiques (Jaques, 1972b, 1988 ; Jaques et Laing, 1978). Le Beauveria bassiana, formule Boverin™, a aussi été employé avec succès aux Etats-Unis contre la piéride et les autres lépidoptères cruciphages (Ignoffo et al., 1979), mais son avenir est incertain à cause du progrès des biopesticides bactériens.

Le complexe des parasitoïdes naturels, en particulier C. glomeratus et P. puparum, n'est pas apte à contenir les populations du ravageur. On doit permettre à leur action bénéfique de s'exprimer par des mesures de protection, en particulier, la restriction des pesticides chimiques vu la disponibilité de biopesticides efficaces. Il est par ailleurs démontré que l'impact de certains parasitoïdes, notamment l'oophage Trichogramma evanescens et le braconide C. rubecula, peut être amplifié par des lâchers inondatifs ou inoculatifs, avec ou sans hôtes d'appoint introduits tôt en saison (Parker et al., 1971 ; Parker et Pinnell, 1972). Cependant, cette approche est impraticable car les conditions locales en début de saison sont défavorables à l'action des parasitoïdes, notamment des trichogrammes, d'autant plus que l'isolement des oeufs de la piéride suppose un effort de repérage important pour ces microhyménoptères très thermo-dépendants.

Conclusion

La piéride du chou et les autres lépidoptères des crucifères peuvent être réprimés biologiquement. La stratégie de lutte intégrée est relativement développée. L'usage des biopesticides à base du B.t. kurstaki est une alternative biologique déjà établie dans la pratique et diverses marques sont autorisées. La combinaison de ces biopesticides à des virus eux-mêmes candidats sérieux au développement de biopesticides (ArGV, AcNPV) et, même, à des pesticides chimiques est possible. Des parasitoïdes importants répriment la piéride mais leur manipulation efficace est impraticable

dans l'état actuel des connaissances ; cependant, leur protection est possible, d'autant plus que des biopesticides inoffensifs sont utilisables comme alternatives.

Recommandations

Dans ce cas, il faudrait :

1) encourager le recours aux biopesticides à base de B.t. kurstaki ;
2) favoriser le développement de biopesticides viraux ;
3) multiplier les essais de compatibilité entre les B.t., les virus et les parasitoïdes ;
4) développer des protocoles de lutte intégrée axés sur ces alternatives efficaces.

Tableau 6 : PIÉRIDE DU CHOU, Artogeia rapae (L.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Pathogènes : produits dérivés du Bacillus thuringiensis						
B.t. kurstaki pathogène de lépidoptères	spores plus ß-endotoxine spécifique des lépidoptères ; paralysie gastrique et septicémie	biopesticide bactériologique ; intervention curative d'effet non rémanent	établie avec virus à granulose ; probable avec certains pesticides chimiques, et les auxiliaires	plusieurs formules commerciales disponibles (Bactur, Dipel Thuricide)	en cours d'usage opérationnel ; efficacité et rentabilité comparables aux insecticides chimiques	Creighton et al., 81 ; Jaques, 72b, 88 ; Morris et al., 86
II. Pathogènes : virus						
ArGV virus à granulose spécifique, d'incidence naturelle	destruction par virose	biopesticide virologique persistant ; intervention curative ou inoculative avec possibilité d'épizootie	avec insecticides chimiques ou à base du B.t., et auxiliaires ; parasitoïde Apanteles transmet virus, mais gaspille des oeufs dans larves virosées	formules expérimentales disponibles ; production industrielle à l'essai	améliorations techniques nécessaires ; en compétition avec les biopesticides à base du B.t. dont l'efficacité est prouvée	Hostetter et al., 73 ; Jaques, 72a, 72b, 74, 77, 88 ; Levin et Laing, 79, 81, 83 ; Morris et al., 86 ; Payne et al., 81 ; Tatchell, 81 ; Tatchell et Payne, 84
III. Pathogènes : champignons						
Beauveria bassiana pathogène non spécifique	libération de toxines suivie de mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative ; possibilité d'effet épizootique	variable avec les fongicides, insecticides et herbicides ; applicable en combinaison avec certains insecticides	formules expérimentales en Amérique ; produit industriel en URSS (Boverin)	développements nécessaires ; en compétition avec les biopesticides à base du B.t. dont l'efficacité est établie	Ignoffo et al., 79

Tableau 6 : PIÉRIDE DU CHOU, Artogeia rapae (L.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
IV. Parasitoïdes						
Trichogramma evanescens hyménoptère trichogramme introduit de Pologne aux Etats-Unis	destruction par parasitisme et piqûres de ponte	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; lutte curative durant la période de ponte	limitée avec les insecticides chimiques, bonne avec certains biopesticides et les auxiliaires	élevé dans plusieurs laboratoires en Amérique ; peu de fournisseurs commerciaux	efficacité à démontrer ; survie hivernale limitée, inefficace en début de saison	Parker et al., 71 ; Parker et Pinnell, 72 ; van Dijken et al., 86
Cotesia (=Apanteles) glomeratus hyménoptère braconide introduit en 1883	destruction par parasitisme grégaire	lâchers inoculatifs ; protection	limitée avec les insecticides chimiques conventionnels ; transmet le virus ArGV	faune indigène ; méthode d'élevage connue	mesure complémentaire ; lutte intégrée ; impact mineur en début de saison	Chamberlin et Kok, 86 ; Laing et Corrigan, 87 ; Levin et al., 79, 81, 83 ; van Driesche, 88 ; van Driesche et Bellows, 88
Cotesia (=Apanteles) rubecula hyménoptère braconide introduit en Ontario récemment	destruction par parasitisme solitaire	lâchers inoculatifs ; protection	limitée avec les insecticides chimiques conventionnels	élevé dans certains laboratoires ; présence au Québec non établie ; méthode d'élevage connue	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Nealis, 85 ; Parker et al., 71
Pteromalus puparum hyménoptère pteromalide introduit par hasard aux Etats-Unis	destruction par parasitisme grégaire et mutilation	manipulation indirecte par protection	limitée avec insecticides chimiques conventionnels	élevé dans certains laboratoires	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Chamberlin et Kok, 86 ; Lasota et Kok, 86a, b, c

4.7 Pucerons des cultures abritées
Aphis Gossypii Glov.
Myzus persicae (Sulz.)

Par ordre d'importance des dommages causés sur les cultures abritées, les pucerons viennent après les aleurodes et les acariens (Rabasse et Wyatt, 1985). Leur importance tend à s'accentuer lorsque la répression des ravageurs primaires est axée sur des méthodes biologiques plutôt que chimiques (Freuler et Paccaud, 1980). Nous traitons ici des deux espèces les plus communes dans les serres, le puceron vert du pêcher, Myzus persicae (Sulz.), et le puceron du melon, Aphis gossypii Glov. Plusieurs autres espèces de pucerons peuvent occasionnellement causer des problèmes sur les cultures abritées (Rabasse et Wyatt, 1985), mais leur importance est moindre. Les pucerons, aussi appelés aphides, attaquent des plantes cultivées partout dans le monde. Ils privent la plante d'une partie de la sève élaborée, excrètent du miellat sucré qui sert de substrat aux moisissures et, surtout, transmettent des maladies virales.

En nature, le contrôle des pucerons a été étudié pour plusieurs espèces sur des plantes-hôtes d'importance économique (Mackauer et May, 1976). Les principaux facteurs sont les effets de la plante-hôte sur la croissance et la fécondité ; la densité qui déclenche la production d'ailées pouvant émigrer ; les facteurs physiques, notamment la pluie qui peut décimer les colonies de pucerons ; et les antagonistes, champignons, prédateurs appartenant à plusieurs groupes d'insectes, notamment des coccinelles, larves de syrphides, punaises prédatrices et chrysopides, ainsi que des parasites spécifiques, principalement des hyménoptères aphidiides et aphélinides.

En champs, il existe des exemples de succès de lutte biologique classique obtenus par l'introduction de parasitoïdes exotiques contre les pucerons (Mackauer et May, 1976), mais aucun n'implique les deux aphides qui nous intéressent ici. Par ailleurs, avec le développement intensifié de la lutte intégrée en serre depuis une vingtaine d'années (van Lenteren et Woets, 1988), divers agents biologiques ont été étudiés pour la répression des pucerons en serres (voir le tableau 7). En Europe, le puceron vert du pêcher a été réprimé avec succès, dans des conditions d'humidité favorables, par l'emploi d'une formule à base du pathogène fongique Verticillium lecanii (Hall, 1982, 1985 ; Wilding, 1983 ; Gardner et al., 1984 ; Khalil et al., 1985 ; Harper et Huang, 1986). Une souche de V. lecanii a été spécifiquement développée à cette fin et est commercialisée en Angleterre sous la marque Vertalec™ (Hall, 1985).

Le parasitoïde Aphidius matricariae est efficace et utilisé avec un certain succès en Europe contre le puceron vert et, à un moindre degré, contre le puceron du melon (Rabasse, 1983 ; Wyatt, 1985). En Norvège, le parasitoïde Ephedrus cerasicola a permis la répression du puceron vert lors d'essais expérimentaux en serres sur paprika (Hägvar et Hofsvang, 1988). Aucun des parasitoïdes n'a encore été commercialisé. La spécificité biologique des parasitoïdes testés jusqu'à maintenant limite leur utilité contre l'un ou l'autre aphide, le plus souvent M. persicae. La demande favoriserait plutôt un auxiliaire polyphage ou mieux adapté au puceron du melon, plus dommageable, notamment sur le concombre. C'est pourquoi, on s'est tourné depuis un certain temps vers la cécidomyie prédatrice, Aphidoletes aphidimyza, actuellement à l'essai dans plusieurs pays, notamment en Europe, au Canada et en Chine (Lipa, 1985 ; Markkula et Tiittanen, 1985 ; Meadow et al., 1985 ; Gilkeson et Hill, 1987 ; Gilkeson, 1988a, b). Malgré certains inconvénients, en particulier l'incidence de diapause sous jours courts, Aphidoletes a démontré un bon potentiel pour la répression des pucerons en cultures abritées et, même, en vergers, et des projets de commercialisation existent. De plus, l'usage d'Aphidoletes exige un substrat de pupaison adéquat pour sa multiplication sur place et ce dernier a une tendance à l'hibernation sous jours courts.

D'autres prédateurs généralistes de pucerons, notamment des chrysopes et plusieurs espèces de coccinelles (Hämäläinen, 1980 ; Iperti et Quilici, 1983), ont fait l'objet de recherches (voir le tableau 7), mais leur tendance à la dispersion à faible densité de pucerons n'est pas encore résolue de façon satisfaisante. Plusieurs pathogènes fongiques autres que V. lecanii ont aussi été étudiés, incluant des espèces qui pourraient éventuellement donner lieu au développement d'alternatives valables (Latgé et al., 1982 ; Rabasse et al., 1983 ; Zimmermann, 1983).

Conclusion

La lutte biologique contre les pucerons des cultures abritées offre actuellement des solutions en voie de commercialisation. A cause de la multiplicité des aphides pouvant s'avérer nuisibles, les meilleurs modes de contrôle doivent avoir une spécificité réduite. Parmi les prédateurs, la cécidomyie Aphidoletes aphidimyza ressort actuellement comme un agent prometteur et, parmi les pathogènes fongiques, le Verticillium lecanii a franchi l'étape de la commercialisation en Europe. Les parasitoïdes peu spécifiques, notamment Aphidius matricariae et Lysiphlebus testaceipes, s'avèrent aussi d'excellents candidats, mais des recherches sont nécessaires pour améliorer leur efficacité.

Recommandations

De ce fait, il faudrait :

1) favoriser l'usage d'Aphidoletes aphidimyza dans les conditions qui permettent son emploi ;
2) tester la possibilité de l'usage du pathogène fongique des aleurodes, le Verticillium lecanii ; des souches d'agressivité démontrée envers les pucerons lui sont connues, et il est commercialisé en Angleterre (Vertalec™)
3) rechercher des façons d'utiliser efficacement des parasitoïdes peu spécifiques comme Aphidius matricariae et Lysiphlebus testaceipes ;
4) appuyer la recherche portant sur des pathogènes fongiques pouvant éventuellement mener au développement de biopesticides.

Tableau 7 : PUCERONS des cultures abritées
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Champignons pathogènes						
Conidiobolus obscurus (=Entomophthora thaxteriana) hyphomycète pathogène d'aphides	destruction par mycose ; infectivité démontrée pour Myzus persicae	biopesticide mycologique aux propriétés épizootiques	probable avec des insecticides chimiques et biologiques ; limitée avec les fongicides ; requiert humidité élevée	souches de laboratoire en Europe	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Dedryver et al., 79 ; Latgé et al., 82 ; Rabasse et al., 83 ; 83 ; Wilding et Latteur, 87 ; Zimmerman, 83
Erynia neoaphidis (=Entomophthora aphidis) hyphomycète pathogène d'aphides	destruction par mycose ; infectivité démontrée pour Myzus persicae	biopesticide mycologique aux propriétés épizootiques	probable avec des insecticides chimiques et biologiques ; limitée avec les fongicides ; requiert humidité élevée	souches de laboratoire en Europe	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Dedryver et al., 79 ; Latgé et al., 82 ; Rabasse et al., 83 ; Wilding et Latteur, 87 ; Zimmerman, 83

Tableau 7 : PUCERONS des cultures abritées
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
Verticliium lecanii deuteromycète pathogène d'homoptères, exotique des tropiques ; souche anti-pucerons	destruction par mycose ; toxines possiblement impliquées	biopesticide mycologique aux propriétés épizootiques ; délai d'action de 2 à 4 semaines	bonne avec les insecticides chimiques et biologiques ; requiert humidité élevée ; inhibée par plusieurs fongicides	disponible commercialement en Angleterre (Vertalec)	efficacité à vérifier pour usage en lutte intégrée ; démontrée en Europe sur chrysanthème contre Myzus persicae ; et à moindre degré sur concombre contre Aphis gossypii	Gardner et al., 84 ; Hall, 82, 85b ; Hall, 85b ; Hall et Burges, 79 ; Harper et Huang, 86 ; Khalil et al., 85 ; Wilding, 83 ; Zimmerman, 83
II. Prédateurs						
Adalia bipunctata coléoptère coccinellide polyphage univoltin, indigène	destruction par prédation	lâchers inondatifs	peu compatible avec les insecticides chimiques	faune indigène ; méthode d'élevage connue	à l'essai ; efficacité à démontrer ; tendance à la dispersion à faible densité de proies	Hämäläinen, 80
Aphidoletes aphidimyza diptère cécidomyiide polyphage, indigène	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	peu compatible avec les insecticides chimiques ; hiberne sous photopériode courte ; requiert un milieu propice à la pupaison au sol	faune indigène ; disponible commercialement	efficacité démontrée sur tomate et piment contre Myzus persicae ; lutte intégrée	Bondarenko, 79 ; Gilkeson et Hill, 87 ; Lipa, 85 ; Markkula et Tittaten, 85 ; Meadow et al., 85 ; Onillon, 86 ; Plotnikov, 79 ; van Lenteren et Woets, 88
Chrysopa carnea neuroptère chrysopide polyphage, indigène	destruction par prédation	lâchers inondatifs	variable avec les pesticides ; souches résistantes au carbaryl obtenues	élevé en masse dans plusieurs laboratoires sur oeufs d'insectes	à l'essai ; efficacité à démontrer	Lipa, 85 ; Yazlovetskiv et Nepomnyashchaya, 79
Coccinella septempunctata coléoptère coccinellide polyphage univoltin, introduit d'Europe	destruction par prédation	lâchers inondatifs	peu compatible avec les insecticides chimiques	faune indigène ; méthode d'élevage connue	à l'essai ; efficacité à démontrer ; tendance à la dispersion à faible densité de proies	Hämäläinen, 80
Metasyrphus corollae diptère syrphide polyphage, exotique	destruction par prédation	lâchers inondatifs	peu compatible avec les insecticides chimiques	faune d'Europe ; élevé en laboratoire	à l'essai, efficacité à démontrer ; lutte intégrée sur concombre contre Aphis gossypii	Chambers, 86

Tableau 7 : PUCERONS des cultures abritées
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
Propylea quatuor-decimpunctata coléoptère coccinellide polyphage multivoltin, exotique	destruction par prédation	lâchers inondatifs	peu compatible avec les insecticides chimiques	faune d'Europe ; élevé en laboratoire	à l'essai ; efficacité à démontrer ; tendance à la dispersion à faible densité de proies	Iperti et Quilici, 83 ; Quilici et al., 85
Semiadalia undecim-punctata coléoptère coccinellide polyphage univoltin, exotique	destruction par prédation	lâchers inondatifs	avec les auxiliaires ; peu compatible avec les insecticides chimiques	faune d'Europe ; élevé en laboratoire	à l'essai ; efficacité à démontrer ; tendance à la dispersion à faible densité de proies	Ferran et Larroque, 84 ; Lipa, 85
III. Parasites						
Aphidius matricariae hyménoptère aphidiide relativement spécifique, commun dans les serres, indigène	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs ou inoculatifs	sensible aux insecticides chimiques de contact, compatible avec le pirimicarbe	disponible commercialement ; élevé en masse dans plusieurs laboratoires	efficacité à vérifier ; lutte intégrée contre Myzus percicae, et à un moindre degré Aphis gossypii	Hussey et Scopes, 77 ; Läcätusu et al., 84 ; Plotnikov, 79 ; Rabasse, 83 ; Schlinger et Mackauer, 63 ; Wyatt, 85
Ephedrus cerasicola hyménoptère aphidiide relativement spécifique, exotique	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs ou inoculatifs	sensible aux insecticides chimiques de contact, probablement compatible avec le pirimicarbe	faune d'Europe ; élevé en masse en laboratoire en Norvège	efficacité à vérifier en conditions locales ; lutte intégrée contre Myzus percicae	Hägvar et Hofsvang, 88 ; Rabasse, 83 ; Wyatt, 85
Lysiphlebus testaceipes hyménoptère aphidiide très polyphage, indigène	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs ou inoculatifs	sensible aux insecticides chimiques de contact, compatible avec le pirimicarbe	faune indigène ; élevé en laboratoire	efficacité à vérifier ; lutte intégrée contre Aphis gossypii	Carver, 84 ; Wyatt, 85

4.8 Puceron de la spirée (M.) Aphis spiraecola Patch (=Aphis citricola Van der Goot)

Le puceron de la spirée, originaire du Moyen-Orient, a été introduit en Amérique du Nord vers 1907 (Blackman et Eastop, 1984). Polyphage, il infeste des plantes de plusieurs familles différentes, les Citrus notamment. Plusieurs rosacées peuvent lui servir d'hôtes, y compris le pommier où il est facilement confondu avec le puceron vert du pommier, Aphis pomi DeGeer. Ces deux pucerons font partie d'un complexe de cinq aphides pouvant infester le pommier, comprenant le puceron lanigère (Eriosoma lanigerum Hausmann), le puceron rose (Dysaphis plantaginea Passerini) et le puceron des graminées (Rhopalosiphum insertum Walker). Plusieurs ornementales ligneuses, y compris le viorne et le Gardenia, peuvent aussi être attaquées. Le puceron de la spirée est en progression au Québec (Cloutier et Roy, 1987 ; Roy et Cloutier, 1988) et ailleurs dans l'est où il semble devoir se substituer au puceron vert du pommier. Les pucerons peuvent priver la plante d'une partie de la sève élaborée, excréter du miellat sucré qui sert de substrat aux moisissures et, surtout, transmettre des maladies virales. Les plants fortement infestés de pucerons dépérissent en montrant des distorsions des parties en croissance, incluant les bourgeons, les fleurs et les feuilles.

En nature, le contrôle des pucerons a été étudié pour plusieurs espèces sur des plantes-hôtes d'importance économique (Mackauer et May, 1976). Les principaux facteurs affectant la croissance des populations sont les effets de la plante-hôte sur la croissance et la fécondité qui déclenche la production d'ailées pouvant migrer ; les facteurs physiques, notamment la pluie qui peut décimer les colonies et les antagonistes, champignons, prédateurs appartenant à plusieurs groupes d'insectes, notamment des coccinelles, larves de syrphides, punaises prédatrices et chrysopides, ainsi que des parasites spécifiques, principalement des hyménoptères aphidiides et aphélinides. En Méditerranée, où A. spiraecola prend une importance particulière en production d'agrumes, ses ennemis les plus importants sont des coccinelles, notamment Scymus spp. et Coccinella septempunctata (Barbagello et Patti, 1982) ; et des pathogènes fongiques de caractère épizootique, notamment Triplosporium fresenii (Bitton et al., 1979).

Les alternatives biologiques les plus prometteuses sont sans doute des prédateurs généralistes ou des parasitoïdes peu spécifiques du puceron de la spirée, choisis parmi des espèces inféodées aux vergers (voir le tableau 8). Etant donné la grande similitude entre A. spiraecola et A. pomi, il est possible que des parasitoïdes ou prédateurs rapportés pour A. pomi soient, en fait, associés à A. spiraecola ou aux deux espèces de pucerons. Cette incertitude n'a pas d'importance dans le cas des prédateurs, mais pourrait en avoir dans celui des parasitoïdes. Des parasitoïdes d'A pomi pourraient en fait attaquer A. spiraecola ; ils sont potentiellement efficaces et ont donc été inclus au tableau 8.

La cécidomyie prédatrice, Aphidoletes aphidimyza, offre un intérêt particulier, étant donné sa présence naturelle en verger où son activité prédatrice contre les pucerons du pommier est démontrée (Adams et Prokopy, 1980 ; Bouchard et al., 1982), et l'intérêt commercial pour la répression biologique des pucerons des serres (voir le tableau précédent). Un autre prédateur généraliste, le forficule européen, Forficula auricularia, a démontré un bon potentiel lors d'essais expérimentaux dans l'ouest américain contre le

puceron vert du pommier (Carroll et Hoyt, 1984). La mauvaise réputation dont jouit le forficule parmi les citadins et banlieusards pourrait être un élément négatif, mais son utilisation en milieu rural ne devrait pas être rejetée pour cette raison.

La lutte biologique classique par l'introduction de parasitoïdes exotiques a obtenu certains succès contre les pucerons (Mackauer et May, 1976), mais aucun avec le puceron de la spirée. Les Australiens ont tenté d'importer des parasitoïdes contre A. spiraecola mais, jusqu'à récemment, n'avaient pas réussi à identifier une espèce capable de compléter son développement dans ce puceron, parmi des espèces supposément polyphages (Carver, 1984 ; Carver et Woolcock, 1985). Malgré les échecs australiens, Lysiphlebus testaceipes est un parasitoïde indigène polyphage qui pourrait être possiblement sélectionné pour son agressivité contre le puceron de la spirée, en autant que du matériel initial suffisamment diversifié génétiquement soit utilisé.

Lipolexis scutellaris, une espèce asiatique également polyphage (Mackauer et Stary, 1967), pourrait être introduite et possiblement sélectionnée. Bouchard et al. (1982) notaient l'activité d'une espèce non identifiée de Trioxys comme parasitoïde d'A. pomi à Frelishburg. Ils rapportaient qu'elle était attaquée par plusieurs espèces d'hyperparasites, mais son impact n'est pas pour autant négligeable et n'a pas été quantifié. Praon unicum était l'un des parasitoïdes communs d'A. pomi dans l'ouest américain et il pourrait être libéré ici. Avant d'être introduits ou libérés en masse, ces parasitoïdes devraient être étudiés afin de confirmer l'efficacité de leur parasitisme d'A. spiraecola.

Conclusion

Des alternatives de lutte contre le puceron de la spirée sont identifiables en particulier chez les prédateurs généralistes, mais également chez les parasitoïdes de pucerons et les pathogènes fongiques. Parmi les prédateurs, la cécidomyie Aphidoletes aphidimyza ressort actuellement comme l'agent le plus prometteur, car elle est bien adaptée aux vergers et potentiellement utile contre les autres aphides nuisibles en pomiculture. Des parasitoïdes efficaces, pour fins de libération inoculative ou inondative, pourraient être obtenus par sélection de souches adaptées chez des espèces polyphages, notamment Lysiphlebus testaceipes et Lipolexis scutellaris. Les prédateurs et parasitoïdes naturels n'ont pas été suffisamment étudiés pour connaître leur potentiel.

Recommandations

Dans ce cas, il faudrait :

1) étudier la possibilité de libération d'Aphidoletes aphidimyza dans les conditions qui caractérisent la pomiculture au Québec ;

2) rechercher des souches de parasitoïdes polyphages pouvant parasiter A. spiraecola et étudier les possibilités de les introduire ou libérer en masse ;

3) mesurer l'impact des prédateurs généralistes et parasitoïdes naturels d'A. spiraecola dans les vergers du Québec ;

4) favoriser le développement de mesures de lutte compatibles avec l'activité des ennemis naturels, notamment par une meilleure connaissance et de leurs besoins écologiques.

Tableau 8 : PUCERON DE LA SPIRÉE, Aphis spiraecola Patch
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Champignon						
Triplosporium fresenii pathogène d'aphides commun en Méditerranée	destruction par mycose	biopesticide mycologique aux propriétés épizootiques	limitée avec fongicides	souches en laboratoire ; insidence naturelle en Israël	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Bitton et al., 79
II. Parasitoïdes : aphidiidae						
Lipolexis scutellaris exotique d'Asie, polyphage	destruction par parasitisme	introduction ; lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection	limitée avec insecticides ; variable avec autres pesticides	faune exotique	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Mackauer et Stary, 67
Lysiphlebus testaceipes indigène, très polyphage	destruction par parasitisme	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection ; hôtes alternants	limitée avec insecticides ; variable avec autres pesticides	indigène ; élevé en laboratoire	efficacité à démontrer ; sélection de souche adaptée souhaitable	Carver, 84 ; Carroll et Hoyt, 86
Praon unicum exotique, plutôt spécifique	destruction par parasitisme	introduction ; lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection ; hôtes alternants	limitée avec insecticides ; variable avec autres pesticides	faune exotique de l'ouest américain	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Carroll et Hoyt, 86
III. Prédateurs						
Aphidoletes aphidimyza diptère cécidomyiide aphidophage	destruction par prédation	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection	limitée avec insecticides ; variable avec autres pesticides	faune indigène ; disponible commercialement	efficacité à vérifier ; lutte intégrée	Adams et Prokopy, 80 ; Bouchard et Tourneur, 81 ; Bouchard et al., 81, 82 ; Morse et Craft, 87 ; Mueller et al., 88
Forficula auricularia dermaptère d'origine exotique, polyphage	destruction par prédation	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection ; abris	limitée avec insecticides ; variable avec autres pesticides	faune naturelle ; élevé en laboratoire	efficacité à vérifier ; réticence des producteurs	Carroll et Hoyt, 84a

4.9 Punaise terne (F.)
Lygus lineolaris (P. de B.)

Largement répandue en Amérique du Nord, la punaise terne est un ravageur indigène polyphage et d'une grande mobilité (Kelton, 1975 ; Henry et Lattin, 1987). Il existe une trentaine d'espèces de Lygus au Canada, difficiles à distinguer à l'état de larves et dont plusieurs peuvent se retrouver simultanément sur une même culture (Kelton, 1975). Au Canada, la punaise terne se retrouve sur les légumineuses fourragères, notamment la luzerne ; sur les arbres fruitiers, la pomme de terre et plusieurs productions légumières, incluant le céleri, le concombre, la laitue, l'épinard, le haricot, la tomate, la courge et le poivron ; ainsi que sur plusieurs espèces florales (Beirne, 1972).

Peu d'informations sont disponibles sur la régulation naturelle des populations de la punaise terne. Une forte mortalité semble survenir au cours de l'hiver (Beirne, 1972), mais les facteurs responsables n'ont pas été identifiés. Des relevés récents au sud-ouest du Québec (Sohati et al., comm. pers.) indiquent que le parasitisme des oeufs peut être élevé sur l'amaranthe. Quatre espèces d'oophages ont été identifiées, incluant le mymaride Anaphes ovijentatus, cosmopolite en Amérique du Nord, considéré comme principal parasitoïde de la punaise terne aux Etats-Unis (Graham et al., 1986 ; Graham, 1987) ; et Polynema pratensiphagum, attaquant près de 40% des punaises. Les braconides Peristenus pallipes et P. pseudopallipes, attaquant fortement les larves, ont été répertoriés sur la luzerne et des plantes non cultivées, notamment la vergerette, au Québec (Lim et Stewart, 1976), en Ontario et dans les Prairies (Craig et Loan, 1987).

Aux Etats-Unis, une mite ectoparasite érythraéide, Lasioerythraeus jonstoni, est associée de façon étroite à la punaise terne sur des composées au Mississipi (Young et Welbourn, 1987), alors que l'araignée lynx, Oxyopes salticus, un prédateur polyphage commun des agro-écosystèmes, attaque fortement les larves de la punaise dans les champs de coton (Young et Lockley, 1985, 1986).

De nombreuses tentatives d'introduction d'ennemis naturels de provenance exotique ont été faites aux Etats-Unis, mais la grande majorité se sont avérées infructueuses ; le braconide P. nigricarpus provenant du Kenya a pu récemment être élevé avec succès sur la punaise (Graham, 1987). Dans les Prairies canadiennes, des lâchers inoculatifs de deux espèces européennes de Peristenus ont été effectués en luzernière à la fin des années 1970, mais le bilan de ces tentatives n'a pu être fait (Craig et Loan, 1984, 1987).

Conclusion

Il n'existe pas d'alternative biologique efficace contre la punaise terne et la perspective d'en voir se développer est lointaine. Cependant, plusieurs espèces de parasitoïdes oophages et larviphages existent (voir le tableau 9) et il semble possible d'augmenter leur impact. La récente découverte de prédation par une araignée et de parasitisme par des mites érythraéides suggère que les ennemis naturels de la punaise ne sont pas encore tous inventoriés, ce qui est très possible étant donné sa distribution très étendue et sa polyphagie. Enfin, la recherche d'ennemis exotiques demeure potentiellement intéressante à long terme.

Recommandations

Dans ce cas, il faudrait :

1) trouver des méthodes de manipulation des parasitoïdes indigènes ;
2) développer la lutte intégrée favorisant l'activité des parasitoïdes indigènes ;
3) encourager la recherche d'ennemis naturels dans les habitats non spécifiquement agricoles ;
4) envisager des programmes d'importation d'ennemis exotiques par le CIBC.

Tableau 9 : PUNAISE TERNE, Lygus lineolaris (P. de B.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Parasitoïdes et ectoparasites						
Anaphes iole hyménoptère mymaride oophage de Lygus, indigène	destruction par parasitisme	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection	limitée avec les insecticides chimiques ; variable avec autres pesticides	faune indigène	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Graham et al., 86 ; Jackson et Graham, 83
Polynema pratensiphagum hyménoptère mymaride oophage de Lygus ; indigène	destruction par parasitisme	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection	limitée avec les insecticides chimiques ; variable avec autres pesticides	faune indigène	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Sohati et al., (non publié)
Peristenus spp. hyménoptères braconides spécifiques des Lygus spp. ; espèces indigènes et exotiques	destruction par parasitisme	introduction d'espèces exotiques ; lâchers inoculatifs ou inondatifs	limitée avec les insecticides chimiques ; variable avec autres pesticides	faune indigène ; espèces exotiques d'Europe connues	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Craig et Loan, 84, 87
Erxthmelus mirioiphagus hyménoptère mymaride oophage de Lygus ; indigène	destruction par parasitisme	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection	limitée avec les insecticides chimiques ; variable avec autres pesticides	faune indigène	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Sohati et al., (non publié)

Tableau 9 : PUNAISE TERNE, Lygus lineolaris (P. de B.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
Lasioerythraeus johnstoni acarien érythraéide polyphage, commun sur Lygus spp. ; indigène au Mississipi	destruction par ectoparasitisme à l'état larvaire ou prédation à l'état deutonymphal	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection	limitée avec les insecticides et acaricides chimiques	faune indigène du sud des Etats-Unis	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Welbourne et Young, 87 ; Young et Welbourne, 87
II. Prédateurs						
Oxyopes salticus araignée polyphage commune en agro-écosystèmes	destruction par prédation	lâchers inoculatifs ou inondatifs ; protection	peu compatible avec les insecticides chimiques	faune indigène	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Young et Lockley, 86

4.10 Pyrale du maïs (F.) Ostrinia nubilalis (Hbn.)

La pyrale du maïs, le ravageur le plus important du maïs, peut infester jusqu'à 50% des épis, sans mesure de répression. La pyrale est particulièrement dommageable au maïs sucré (Beirne, 1971 ; Hudon et LeRoux, 1986a). Largement répartie dans le monde, la pyrale a été introduite accidentellement en Amérique vers 1910 et rapportée au Québec pour la première fois en 1926. On connaît trois races de la pyrale en Amérique, se distinguant par le nombre de générations annuelles (Hudon, 1986 ; Hudon et LeRoux, 1986a, b). Seule la race univoltine était connue au Québec avant 1975, mais la race bivoltine s'est établie depuis dans le sud-ouest.

Aux Etats-Unis, le Nosema pyrausta est reconnu comme l'antagoniste naturel le plus important de la pyrale (Hill et Gary, 1979 ; Siegel et al., 1986b). En Ontario, l'infection des adultes par cette microsporidie peut atteindre 20% (Morris et al., 1986). On a cependant établi que N. pyrausta peut affecter négativement les parasitoïdes de la pyrale (Andreadis, 1982b). Par ailleurs, les données québécoises indiquent que les oeufs éclosent à 85%, 6% sont la proie d'insectes, en particulier la coccinelle Coleomegilla maculata et la punaise Orius insidiosus ; et 4% parasités par le Trichogramma minutum (Hudon et LeRoux, 1986c). Environ 15% des jeunes larves ne réussissent pas à s'établir dans le cornet. Environ 16% des larves âgées meurent lors de la migration au sol en fin d'été. Elles sont faiblement parasitées par l'eulophide exotique, Sympiesis viridula, en automne et par la tachine indigène, Eumea caesar, au printemps. Des parasites ichneumonides causent une mortalité également très faible des pupes.

Plusieurs alternatives biologiques sont actuellement étudiées pour la répression de la pyrale (voir le tableau 10). La compétition des répresseurs chimiques est peut-être la barrière principale retardant le développement des moyens de contrôle pratiques et efficaces avec le B.t. La difficulté de mettre au point une formule biopesticide adaptée au mode d'alimentation de la pyrale, d'abord ectophytophage puis endophytophage, semble aussi être un facteur limitant (Nolting et Poston, 1982). L'usage de formulations granulaires, à base du complexe spores-cristal du B.t. kurstaki, a été efficace comme alternative biologique de répression de la pyrale lors de tests en champ et d'autres sérotypes, y compris le B.t. thuringiensis, avec thuringiensine sont actifs contre l'insecte (Langenbruch, 1981 ; Lynch et al., 1977, 1980 ; Modh-Salleh et Lewis, 1982a, b, 1983 ; Navon et Melamed-Madjar, 1986). En Allemagne et en France, des formules à base du B.t. sont utilisées et considérées d'une efficacité comparable aux insecticides chimiques.

Des tests prouvent que les virus AcMNPV et RoMNPV pourraient également servir à la création de biopesticides (Lewis et Johnson, 1982). En France, des travaux ont permis de sélectionner un mutant du Beauveria bassiana très virulent contre les larves de la pyrale ; lorsque formulé en granules, le pathogène de cette souche s'est avéré efficace et rémanent lors de tests en parcelles expérimentales (Riba, 1984). La microsporidiose à Nosema pyrausta est un facteur naturel de mortalité important à considérer, à cause de son effet potentiellement synergique avec les interventions répressives basées sur d'autres pathogènes ou des répresseurs chimiques.

L'introduction de la pyrale a contribué à l'évolution de la lutte biologique au Canada au début du siècle avec, par exemple, la création de l'Institut de recherche de Belleville en Ontario vers la fin des années 1920 (Beirne, 1971). Depuis, au moins 17 espèces de parasitoïdes exotiques ont été libérées dans l'est du Canada, mais beaucoup ne se sont pas établies et celles qui l'ont fait n'ont pas diminué sensiblement ses ravages, pas plus d'ailleurs que les parasites indigènes qui l'attaquent (Hudon, 1986). Certains parasitoïdes introduits simultanément aux Etats-Unis et, en particulier, la tachine Lydella thompsoni et le braconide Macrocentrus grandii, causeraient localement une mortalité substantielle et font l'objet d'études visant à améliorer leur impact (Andreadis, 1982a ; Burbutis et al., 1981, 1984).

En France, en Allemagne et en Suisse, on a obtenu des taux de répression de 80% et plus des oeufs de la pyrale par des lâchers inondatifs de parasitoïdes oophages trichogrammes de l'ordre de 100 000 individus par hectare durant la ponte (Bigler, 1986 ; Bigler et Brunetti, 1986 ; Hawlitzky et al., 1986 ; Hassan, 1982 ; Hassan et al., 1986 ; Neuffer, 1982a). Les espèces utilisées avec succès sont Trichogramma brassicae, T. maidis et T. evanescens souche moldave, élevés sur des oeufs de pyrales des grains entreposés. L'application commerciale de la lutte par lâchers de trichogrammes semble progresser rapidement dans ces pays européens. Aux Etats-Unis, l'espèce indigène T. nubilale fait présentement l'objet de recherches (Burbutis et Koepke, 1981 ; Burbutis et Goldstein, 1983 ; Burbutis et al., 1983 ; Kanour et Burbutis, 1984).

Conclusion

Les antagonistes naturels de la pyrale semblent avoir peu d'impact, sauf la microsporidie Nosema pyrausta qui semble par ailleurs affecter négativement les parasitoïdes. L'arrivée d'une nouvelle race de pyrale au Québec relativise la valeur des connaissances antérieures de la dynamique des populations locales. L'impact réel des pathogènes et des prédateurs sur l'abondance de la pyrale, de même que les insuccès des tentatives d'introduction de parasitoïdes effectuées dans le passé doivent être considérés dans cette perspective nouvelle. Le recours aux lâchers inondatifs de trichogrammes a donné des résultats positifs en Europe et aux Etats-Unis.

Divers biopesticides à base de B.t. ou de pathogènes fongiques à large spectre sont à l'étude. Une approche qui ne semble pas avoir été examinée est celle des complexes némato-bactériens. La phase endophytophage de la pyrale offre une possibilité d'intervention avec Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae), étant donné l'efficacité démontrée de ce complexe contre les perceurs (Rutherford et al., 1987).

Recommandations

Dans ce cas, il faudrait :

1) essayer les biopesticides à base de B.t. potentiellement efficaces contre la pyrale, notamment des formules granulaires ;
2) essayer des lâchers de trichogrammes contre la pyrale avec, plus particulièrement, T. nubilale, T. maidis et T. minutum comme candidats ; rechercher des souches actives à basse température ;
3) étudier la sensibilité de la pyrale aux complexes némato-bactériens, notamment Steinernema feltiae (=Neoplectana carpocapsae) ;
4) effectuer une étude de la dynamique des populations de la pyrale visant à établir les facteurs affectant ses fluctuations, plus particulièrement le rôle de Nosema pyrausta et des prédateurs ;
5) reconsidérer l'introduction de parasitoïdes exotiques.

Tableau 10 : PYRALE DU MAÏS, Ostrinia nubilalis (Hbn.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	État d'avancement	Perspective	Références
I. Pathogènes : produits dérivés du Bacillus thruringiensis						
B.t. kurstaki pathogène de lépidoptères	spores plus ß-exotoxine ; paralysie gastrique et septicémie	biopesticide bactériologique ; intervention curative d'effet non rémanent	probable avec plusieurs pesticides chimiques, et les auxiliaires	plusieurs formules commerciales disponibles (Bactur, Dipel, Thuricide)	améliorations nécessaires ; formules et techniques d'application à ajouter pour la pyrale	Langenbruch, 81 ; Lynch et al., 77, 80 ; Mohd-Salleh et Lewis, 82a, 83 ; Navon et Melamed-Madjar, 86 ; Nolting et Poston, 82
B.t. thuringiensis souche peu spécifique	spores plus ß-exotoxine ; interfère avec la synthèse d'ARN chez les animaux	biopesticide bactériologique ; intervention curative d'effet non rémanent	probable avec plusieurs pesticides chimiques ; non connue avec les auxiliaires	formules expérimentales en Amérique ; produit industriel dans les pays de l'Est (Bitoxibacillin)	sécurité incertaine ; efficacité en champ à démontrer ; développements nécessaires	Mohd-Salleh et Lewis, 82b, 83
II. Pathogènes : virus						
AcMNPV virus à polyhédrose d'Autographa californica pathogène de lépidoptères	destruction par virose	biopesticide virologique ; intervention curative ou inoculative	probable avec plusieurs pesticides chimiques, et les auxiliaires	formules expérimentales	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Lewis et Johnson, 82 ; Morris et al., 86
RoMNPV virus à polyhédrose de Rachiplusia	destruction par virose	biopesticide virologique ; intervention curative ou inoculative	probable avec plusieurs pesticides chimiques, et les auxiliaires	formules expérimentales	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Lewis et Johnson, 82 ; Morris et al., 86
III. Pathogènes : champignons						
Beauveria bassiana souche spécifique isolée de la pyrale, No Bb 147 Br	libération de toxines suivie de de mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative	établie avec certains insecticides en faible dose ; peu compatible avec fongicides	formules expérimentales	développements nécessaires ; efficacité probable dans certaines conditions	Feng et al., 88 ; Guérin, 85 ; Riba, 84 ; Riba et Marcandier, 84 ; Riba et al., 83 ; Wilding, 83
Metarhizium anisopliae souche spécifique isolée de la pyrale, No 139	destruction par mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative	probable avec certains insecticides ; peu compatible avec fongicides	formules expérimentales	développements nécessaires ; efficacité probable dans certaines conditions	Riba et Marcandier, 84 ; Riba et al., 83
Paecilomyces fumoso-roseus souches françaises isolées de lépidoptères	destruction par mycose	biopesticide mycologique ; intervention curative ou inoculative	probable avec certains insecticides ; peu compatible avec fongicides	formules expérimentales	développements nécessaires ; lutte orientée contre les chrysalides peu probable	Riba et al., 83

Tableau 10 : PYRALE DU MAÏS, Ostrinia nubilalis (Hbn.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
IV. Pathogènes : microsporidies						
Nosema pyrausta pathogène naturel spécifique, transmis verticalement et horizontalement	maladie chronique, réduction de la survie larvaire, la fécondité et la longévité adulte	agent naturel de mortalité	partielle avec des insecticides chimiques et le B.t. kurstaki ; pathogène pour les parasitoïdes (Macrocentrus grandii, Trichogramma evanescens)	incidence naturelle ; formules expérimentales	lutte intégrée ; contrôle naturel	Andreadis, 82b, 86, 87 ; Hill et Gary, 79 ; Huger, 84 ; Lewis, 82 ; Lewis et al., 82 ; Lublinkof et Lewis, 80 ; Morris et al., 86 ; Siegel et al., 86a, b
Vairimorpha necatrix pathogène non spécifique transmis horizontalement	destruction par septicémie mortelle chez la larve ; maladie chronique chez les stades résistants	agent naturel de mortalité	probable avec les insecticides chimiques en faible dose ; pathogénicité possible pour les auxiliaires	incidence naturelle ; formules expérimentales	lutte intégrée ; contrôle naturel	Lewis, 82 ; Lewis et al., 82
V. Parasitoïdes						
Lydella thompsoni diptère tachinide introduit avec succès aux Etats-Unis	destruction par parasitisme	introduction ; lâchers inoculatifs	limitée avec les insecticides chimiques et pathogènes non spécifiques	élevé dans certains laboratoires et abondant sur la pyrale à l'état naturel aux Etats-Unis	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Burbutis et al., 81, 84 ; Galichet et al., 85 ; Sandlan et al., 83
Macrocentrus grandii hyménoptère braconide introduit avec succès aux Etats-Unis	destruction par parasitisme	introduction ; lâchers inoculatifs	limitée avec les insecticides chimiques et pathogènes non spécifiques	élevé dans certains laboratoires et abondant sur la pyrale à l'état naturel aux Etats-Unis	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Andreadis, 82a, b ; Siegel et al., 86a ; Winnie et Chiang, 82
Sympiesis viridula hyménoptère eulophide introduit avec succès au Canada	destruction par parasitisme	manipulation indirecte, en particulier par mesures de protection	limitée avec les insecticides chimiques et pathogènes non spécifiques	faune indigène	mesure complémentaire ; lutte intégrée ; étude détaillée nécessaire	Hudon et Leroux, 86
Trichogramma brassicae hyménoptère oophage de lépidoptères	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs	limitée avec les insecticides chimiques et pathogènes non spécifiques	élevé dans certaines stations de lutte biologique européennes	efficacité démontrée en France, Suisse, Italie ; à vérifier ici ; possiblement inefficace aux températures <20°C	Bigler, 86 ; Bigler et Brunetti, 86 ; Wackers et al., 87

Tableau 10 : PYRALE DU MAÏS, Ostrinia nubilalis (Hbn.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
Trichogramma maidis hyménoptère oophage de lépidoptères	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs	limitée avec les insecticides chimiques ; susceptible à Nosema pyrausta	commercialisé en Europe	efficacité démontrée en Allemagne, à vérifier ici ;	Bigler et al., 82 ; Hassan, 81, 82 ; Hassan et al., 86 ;
Trichogramma evanescens souche moldave ; hyménoptère oophage de lépidoptères	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs	limitée avec les insecticides chimiques ; susceptible à Nosema pyrausta	élevé dans certaines stations de lutte biologique dont Guelph, Ontario ; commercialisé en Europe	efficacité démontrée en Allemagne, à vérifier ici ; possiblement peu efficace aux températures <20°C	Bigler et al., 82 ; Hassan, 81, 82 ; Hassan et al., 86 ; Huger, 84 ; Neuffer, 82a, b
Trichogramma minutum hyménoptère oophage de la pyrale et autres lépidoptères, indigène	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs	limitée avec les insecticides chimiques et pathogènes non spécifiques	élevé en masse à Guelph, Ontario et autres insectariums spécialisés en lutte biologique	à l'étude comme alternative de lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette ; efficacité à démontrer contre la pyrale	Hudon et Leroux, 86 ; Smith et Hubbes, 86
Trichogramma nubilale hyménoptère oophage relativement spécifique, indigène aux Etats-Unis	destruction par parasitisme	lâchers inondatifs	limitée avec les insecticides chimiques et pathogènes non spécifiques	élevé en laboratoire au Delaware	à l'étude, efficacité à démontrer ; possiblement peu efficace aux températures <20°C	Burbutis et Goldstein, 83 ; Burbutis et Koepke, 81 ; Burbutis et al., 83 ; Chiang et al., 86 ; Goldstein et al., 83 ; Kanour et Burbutis, 84
VI. Prédateurs						
Coelomegilla maculata coléoptère coccinellide indigène, polyphage	destruction par parasitisme	manipulation indirecte, en particulier par mesures de protection	limitée avec les insecticides chimiques et pathogènes non spécifiques	faune indigène	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Hudon et Leroux, 86
Orius insidiosus hémiptère anthocoride indigène, non spécifique	destruction par prédation	manipulation indirecte, en particulier par mesures de protection	limitée avec les insecticides chimiques et pathogènes non spécifiques	faune indigène	mesure complémentaire ; lutte intégrée	Hudon et Leroux, 86

4.11 Tarsonème du fraisier (M.) Steneotarsonemus pallidus Banks

Largement distribué dans le monde, le tarsonème du fraisier est surtout un ravageur de cultures florales abritées, mais peut aussi infester des cultures extérieures, en particulier le fraisier (Beirne, 1972 ; Bassett, 1985). Ravageur secondaire en cultures sous verre protégées par des insecticides chimiques, il prend de l'importance lorsque la lutte biologique est appliquée contre les ravageurs d'importance primaire (Bassett, 1985). Invisible à l'oeil nu, le tarsonème est un acarien (fam. Tarsonemidae) et non un insecte ; le terme « mite » sert souvent à le désigner. Peu d'informations sont disponibles sur le contrôle des populations naturelles.

Sur les plantes ornementales en serre, une humidité et des températures élevées ainsi qu'une faible luminosité favorisent les infestations (Bassett, 1985). Les prédateurs acariens phytoséiides semblent être les ennemis naturels les plus efficaces du tarsonème. En Californie, les acariens phytoséiides jouent un rôle primordial en fraisière pour maintenir un équilibre que détruisent les traitements chimiques (Hussey et Huffaker, 1976). La plantation d'une nouvelle fraisière avec des plants porteurs d'Amblyseius cucumeris ou de Typhlodromus reticulatus permettait un contrôle efficace du tarsonème (Ridgway et al., 1977). La clé du succès consistait en l'atteinte d'un équilibre entre le prédateur et sa proie avant que n'arrivent les pics de population de l'été.

Conclusion

La manipulation de phytoséiides prédateurs apparaît comme l'alternative biologique la plus susceptible de donner des résultats positifs pour la répression du tarsonème. Amblyseius cucumeris fait actuellement l'objet d'essais de répression du thrips des petits fruits en serres et est donc disponible pour des essais semblables concernant le tarsonème. La recherche d'autres espèces de phytoséiides prédateurs du tarsonème pourrait révéler d'autres candidats potentiellement exploitables.

Recommandations

Dans ce cas, il faudrait :

1) favoriser la lutte intégrée contre le tarsonème fondée sur la protection des acariens phytoséiides ;
2) tester l'efficacité de la libération inoculative de prédateurs phytoséiides, notamment Amblyseius cucumeris, disponible et efficace contre le tarsonème ;
3) appuyer la recherche sur les acariphages dans nos conditions de culture florale et fruitière.

Tableau 11 : TARSONÈME DU FRAISIER, Steneotarsonemus pallidus Banks
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
Prédateurs						
Amblyseius cucumeris acarien phytoséiide polyphage	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides	disponible commercialement ; à l'essai contre les thrips	efficacité à démontrer ; lutte intégrée	Ridgway et al., 77
Metaseiulus occidentalis acarien phytoséiide indigène commun en cultures fruitières semi-arides de l'ouest	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides ; souches résistantes à plusieurs types d'insecticides chimiques	faune indigène ; élevé en laboratoire en Californie	efficacité à démontrer ; possiblement inadapté climatiquement	Huffaker, 85
Typhlodromus reticulatus acarien phytoséiide indigène	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides	faune indigène	efficacité à démontrer	Ridgway et al., 77

4.12 Tétranyque à deux points (M.) Tetranychus urticae Koch

Présent partout dans le monde, le tétranyque à deux points est un ravageur très polyphage, pouvant infester plusieurs espèces de plantes sauvages et cultivées en champ, jardin, verger, pépinière et serre (Hussey et Huffaker, 1976 ; Freuler et Paccaud, 1980 ; Scopes, 1985 ; Fauvel et al., 1987). Sous nos conditions, les pommiers, les fraisiers, les haricots et les tomates sont parfois infestés par temps chaud et sec (Beirne, 1972), mais diverses autres plantes peuvent aussi servir d'hôtes (Paradis, 1955). Ce sont cependant les cultures sous abri, en particulier, le concombre ainsi que les fleurs qui sont les plus souvent touchées (Pralavorio et al., 1975 ; Freuler et Paccaud, 1980 ; McClanahan, 1971, 1984).

La lutte biologique contre le tétranyque à deux points en serres a connu un succès comparable à celui de l'aleurode des serres. Les interventions reposent sur la libération du prédateur acariphage Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot, maintenant largement utilisé dans le monde (Hussey, 1985a ; Lipa, 1985 ; van Lenteren et Woets, 1988). C'est au Canada que l'usage de P. persimilis contre le tétranyque a d'abord été proposé (Chant, 1961) et, dès 1963, le Canada exportait ce phytoséiide à l'étranger, notamment en URSS (Lipa, 1985). Le succès de la lutte biologique en serres contre le tétranyque et l'aleurode s'avère le moteur du développement d'alternatives contre les autres ravageurs et du développement de la lutte intégrée (Helyer et Ledieu, 1986).

P. persimilis est disponible commercialement et plusieurs expériences ont permis de définir des techniques de libération efficaces, d'établir son mode d'action et de comprendre les mécanismes de son efficacité (Pralavorio et al., 1975, 1983, 1985 ; French et al., 1976 ; Stenseth, 1979, 1985 ; Eveleigh et Chant, 1981 ; Scopes, 1985 ; Hance et Pasleau, 1987). Par ailleurs, l'isolement et l'amélioration de souches du phytoséiide résistantes à divers insecticides chimiques a largement contribué au développement de programmes de lutte intégrée en culture abritée (Fournier et al., 1987). L'usage de P. persimilis sur concombre de serre est décrit par Hussey (1985b). L'utilité de ce prédateur et l'importance de sa protection ont aussi été considérées pour les fraisières (Oatman et al., 1968 ; Scopes, 1985 ; Raworth, 1986) et les vergers de pommier (Parent, 1967 ; Bostanian et Coulombe, 1986).

La sécheresse (qui favorise le tétranyque) ainsi que le jeûne sont des facteurs limitatifs pour P. persimilis. On considère donc d'autres mites prédatrices (voir le tableau 12), notamment des Amblyseius spp. moins exigeantes en humidité (Dinh et al., 1988a, b) et Cydnodromus chilenensis plus tolérant au jeûne (Fournier et al., 1985), comme alternatives possibles en cultures protégées. Hamlen et Lindquist (1981) ont obtenu des niveaux de répression équivalents avec P. persimilis et P. macropilis (une espèce indigène), en cultures florales sous verre en Floride. En culture fruitière, d'autres acariens phytoséiides prennent une importance en lutte biologique, non seulement contre le tétranyque à deux points et le tétranyque rouge, Panonychus ulmi (ravageur suivant) (Parent, 1967). Parmi ceux-ci, Amblyseius fallacis et Metaseiulus occidentalis reçoivent une attention particulière, à cause de l'existence de plusieurs souches résistantes de ces deux espèces, à différents insecticides chimiques (Croft, 1976 ; Roush et Hoy, 1981 : Strickler et Croft, 1982 : Bostanian et Coulombe, 1986).

Malgré l'existence d'acariphages efficaces contre P. persimilis, on recherche aussi d'autres alternatives, notamment parmi des microorganismes producteurs de toxines à large spectre qui pourraient permettre le développement de biopesticides inertes. Par exemple, l'avermectine B1 dérivée du champignon actinomycète Streptomyces avermitilis (Helyer et Ledieu, 1986) et la thuringiensine dérivée du B.t. thuringiensis (Neal et al., 1987) sont à l'étude.

Conclusion

L'alternative la plus valable pour la répression du tétranyque à deux points demeure la manipulation des prédateurs, en particulier des acariens phytoséiides. Elle peut être accomplie indirectement en arrêtant l'usage d'insecticides nocifs pour les acariphages et, tout spécialement, les acariens prédateurs dont de nombreuses espèces utiles ont été identifiées dans les populations naturelles de tétranyques. La manipulation est aussi possible directement en culture protégée, par la libération inondative ou inoculative d'espèces efficaces, comme Phytoseiulus persimilis et Amblyseius fallacis, dont plusieurs souches sélectionnées, souvent commercialisées, sont résistantes à divers insecticides communément employés. Le développement de biopesticides inertes à base d'avermectine ou de thuringiensine apparaît possible à moyen ou long terme, mais le danger de ces toxines peu spécifiques pourra en limiter l'usage.

Recommandations

De ce fait, il faudrait :

1) faciliter la lutte biologique contre les tétranyques par la manipulation et la protection des acariens prédateurs en cultures abritée et fruitière, par des campagnes d'information des intervenants et des producteurs ;

2) appuyer la recherche pour adapter l'usage de Phytoseiulus persimilis et des antagonistes utiles dans ce type de production, ainsi que de développer la lutte intégrée axée sur la répression des ravageurs des serres par l'emploi d'ennemis naturels ;

3) appuyer la recherche sur les phytoséiides pour l'identification d'acariphages utiles dans nos conditions de cultures abritée et fruitière.

Tableau 12 : TÉTRANYQUE À DEUX POINTS, Tetranychus urticae Koch
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Pathogènes : produits dérivés du Bacillus thruringiensis						
B.t. thuringiensis pathogène peu spécifique	thuringiensine (β-exotoxine) ; intoxication par inhibition de la synthèse des ADN	biopesticide inerte ; intervention curative	probable avec plusieurs pesticides chimiques ; phytotoxicité	formules expérimentales disponibles ; (DiBeta)	efficacité en conditions réelles à démontrer ; sécurité incertaine ; améliorations techniques nécessaires	Neal et al., 87
II. Pathogènes : champignons						
Streptomyces avermitilis pathogène peu spécifique	toxine purifiée avermectin B 1 (MK 936) ; intoxication ; activité contre les insectes, acariens et nématodes	biopesticide inerte pour intervention curative	probable avec plusieurs pesticides chimiques ; toxique pour les auxiliaires	formules expérimentales disponibles	efficacité à démontrer ; améliorations techniques nécessaires	Helyer et Ledieu, 86
Entomophthora adjarica pathogène peu spécifique	destruction par mycose	biopesticide mycologique avec propriétés épizootiques	probable avec plusieurs pesticides chimiques ; à vérifier pour les auxiliaires	souches de laboratoire de l'URSS	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Lipa, 85
III. Prédateurs						
Amblyseius fallacis acarien phytoséiide indigène ; établi dans les vergers humides	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides ; souches résistantes à des organophosphates et pyréthroïdes	faune indigène ; élevé en laboratoire au Michigan	efficacité à vérifier en conditions locales ; lutte intégrée en vergers	Bostanian et Coulombe, 86 ; Stricker et Croft, 82

Tableau 12 : TÉTRANYQUE À DEUX POINTS, Tetranychus urticae Koch
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
A. idaeus acarien phytoséiide exotique d'Amérique du Sud ; tolérant les basses hygrométries	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides	élevé dans certains laboratoires ; a été obtenu du CIBC	efficacité à démontrer ; lutte intégrée en serres	Dihn et al., 88a, b
A. (= Cydnodromus) chilenensis acarien phytoséiide exotique du sud de la France	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides	faune d'Europe ; élevé en laboratoire	efficacité à vérifier, établi à faible densité de tétranyques en France	Fournier et al., 85
Metaseiulus occidentalis acarien phytoséiide indigène des régions fruitières semi-arides de l'ouest	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides ; souches résistantes à plusieurs types d'insecticides chimiques	présent à l'état naturel ; élevé en laboratoire en Californie	efficacité à vérifier en conditions locales ; démontrée en Californie en serres et en vergers ; lutte intégrée	Roush et Hoy, 81 ; Strickler et Croft, 82
Phytoseiulus macropilis acarien phytoséiide commun sur cultures abritées en Floride	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides	élevé en laboratoire (Etats-Unis)	efficacité à vérifier en conditions locales ; démontrée en Floride sur ornementales	Hamlen et Lindquist, 81
P. persimilis acarien phytoséiide cosmopolite	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides ; souches résistantes à plusieurs insecticides chimiques	distribué par plusieurs firmes commerciales	mesure opérationnelle et efficace en serres, adaptée à la lutte intégrée ; efficacité à démontrer en culture fruitière	Bondarenko, 79 ; Fournier et al., 85, 87 ; French et al., 76 ; Hance et Pasleau, 87 ; Hamlen et Lindquist, 81 ; Hussey, 79, 85a ; Hussey et Huffaker, 76 ; Hussey et Scopes, 77 ; Lăcătusu et al., 84 ; Lipa, 85 ; McClanahan, 84a ; Onillon, 86 ; Onillon et al., 83 ; Osborne et Petitt, 85 ; Pralavorio et al., 75, 83 ; Raworth, 88 ; Scopes, 85 ; Stenseth, 79, 85a

4.13 Tétranyque rouge du pommier (M.) Panonychus ulmi (Koch)

Largement distribué dans le monde, le tétranyque rouge du pommier a été introduit ici accidentellement d'Europe au début du siècle. Vers la fin de la seconde guerre mondiale, il est devenu un important ravageur (Parent et Beaulieu, 1957 ; Parent et Lord, 1971). Le tétranyque rouge est un acarien et non un insecte ; il fait partie d'un groupe d'acariens phytophages incluant le tétranyque à deux points (Parent, 1967 ; Bostanian et Coulombe, 1986). Les dommages du tétranyque rouge résultent de ses infestations sur le pommier, mais le tétranyque peut aussi attaquer l'orme, le prunier, le poirier, la vigne et plusieurs autres arbres et arbustes décidus.

Les acariens phytophages sont en général sensibles aux températures élevées, mais la régulation naturelle de la population est effectuée par divers prédateurs, en particulier des acariens phytoséiides (ou typhlodromes) et divers insectes, dont de petites coccinelles du genre Stethorus, des thrips, des punaises anthocorides et mirides, ainsi que des chrysopes (Hussey et Huffaker, 1976 ; Parent et Lord, 1971 ; Fauvel et al., 1987). Parmi les acariens, les espèces les plus souvent mentionnées, en regard de la prédation du tétranyque rouge, sont les typhlodromes Amblyseius fallacis dans l'est et Metaseiulus occidentalis dans l'ouest de l'Amérique du Nord, ainsi que Thyphlodromus pyri en Europe, en Australie et en Nouvelle-Zélande ; par ailleurs, la mite stigmaéide Zetzellia mali semble capable de jouer un rôle important contre le tétranyque rouge dans les régions du Québec et de l'Ontario (Parent, 1967).

La manipulation directe et indirecte des prédateurs, en particulier des phytoséiides, apparaît comme la plus susceptible de donner des résultats positifs pour la répression du tétranyque rouge (voir le tableau 13). L'approche la plus prometteuse consiste en l'adoption de mesures de protection des prédateurs, par l'emploi restreint de pesticides nocifs, combinée, si possible, à l'introduction de certains phytoséiides qui comprennent plusieurs souches résistantes aux pesticides (Croft, 1976). Les espèces nord-américaines Amblyseius fallacis, Metaseiulus occidentalis, Tyhplodromus pyri et l'espèce étrangère Amblyseius andersoni résistent notamment aux organophosphates (OP). Amblyseius fallacis est une espèce déjà connue dans les vergers de l'est et une souche OP-résistante a été introduite à Frelishburg pour l'essai d'un programme de protection intégrée (Bostanian et Coulombe, 1986). En principe, la protection et la libération des prédateurs ne sont pas seulement applicables aux typhlodromes.

Parmi les insectes prédateurs, la punaise Orius insidiosus ayant montré un bon potentiel en Virginie (Parella et al., 1981), est à l'étude (McCaffrey et Horsburgh, 1986a, b). Au Québec, les possibilités de manipulation d'autres prédateurs, notamment des araignées, une dizaine d'espèces de coccinelles, des mirides, des pentatomides et des thrips (Parent, 1967), restent à établir ou à vérifier.

Conclusion

La répression des tétranyques en verger, en particulier du tétranyque rouge, s'avère possible par l'action des prédateurs acariphages naturels dans le cadre de la lutte intégrée axée sur l'emploi limité des pesticides

chimiques nocifs. Certains phytoséiides inféodés aux vergers ont développé de la résistance aux insecticides les plus utilisés et des souches de ces espèces ont même été améliorées pour cette résistance par sélection artificielle. La possibilité de libération inoculative de ces prédateurs, incluant des espèces indigènes et exotiques dont certaines sont disponibles commercialement, est une alternative qui se développe rapidement. L'exploitation des divers autres acariphages inféodés aux vergers, par des mesures de protection, des protocoles de libération ou la fourniture d'habitats favorables, demeure possible, mais des études de base seront nécessaires concernant leur biologie, leurs besoins écologiques et leur compatibilité avec la protection chimique et les autres agents biologiques.

Recommandations

Dans ce cas, il faudrait :

1) faciliter l'implantation de la lutte intégrée contre les tétranyques fondée sur la protection des acariens et insectes prédateurs inféodés aux vergers ;
2) envisager l'introduction de phytoséiides résistants aux organophosphates et aux pyréthroïdes, parmi les espèces déjà résistantes : Amblyseius fallacis et A. andersoni, Metaseiulus occidentalis et Typhlodromus pyri ;
3) rechercher l'existence de souches locales de phytoséiides résistants aux pesticides chimiques ;
4) appuyer la recherche sur les acariphages, y compris des insectes et acariens dans nos conditions de culture fruitière.

Tableau 13 : TÉTRANYQUE ROUGE DU POMMIER, Panonychus ulmi (Koch)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
Prédateurs						
Amblyseius fallacis acarien phytoséiide indigène ; établi dans les vergers humides	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides ; souches résistantes à certains organophosphates et pyréthroïdes	faune indigène ; élevé en laboratoire au Michigan	efficacité à vérifier ; lutte intégrée en vergers	Bostanian et Coulombe, 86 ; Johnson et Croft, 81 ; Stricker et Croft, 82
Amblyseius andersoni acarien phytoséiide exotique d'Europe ; commun sur vigne	destruction par prédation	introduction ; lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides ; souches résistantes à plusieurs produits	faune exotique ; élevé en laboratoire (Suisse)	efficacité à démontrer en conditions locales ; possiblement inadapté aux conditions locales	Caccia et al., 85

Tableau 13 : TÉTRANYQUE ROUGE DU POMMIER, Panonychus ulmi (Koch)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
A. (=Cydno-dromus) chilenensis acarien phytoséiide exotique de France	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides	faune d'Europe ; présent dans les fraisières et élevé en en laboratoire à Antibes	efficacité à vérifier, établi à faible densité de tétranyques en France	Fournier et al., 85
Metaseilus occidentalis acarien phytoséiide indigène des régions fruitières semi-arides de l'ouest	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides ; souches résistantes à plusieurs types d'insecticides chimiques	faune indigène ; élevé en laboratoire en Californie	efficacité à vérifier en conditions locales, démontrée en Californie en serres et vergers ; lutte intégrée	Roush et Hoy, 81 ; Stricker et Croft, 82
Orius insidiosus punaise anthocoride indigène	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; protection	limitée avec les insecticides ; variable avec les autres pesticides	faune indigène ; élevé en laboratoire (Virginie)	efficacité à démontrer ; lutte intégrée en vergers	McCaffrey et Horsburg, 86a,b
Typhlodromus pyri acarien phytoséiide indigène ; commun en vergers	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	variable avec les pesticides ; souches avec résistance partielle aux insecticides organophosphates ; souche résistante aux pyréthroïdes à l'essai en N.Z.	faune indigène ; disponible commercialement aux Etats-Unis	efficacité à vérifier ; lutte intégrée en vergers	Aliniazee et Cranham, 80 ; Baillod et Bossino, 79 ; Baillod et al., 85 ; Cranham et al., 83 ; Croft, 76 ; Genini et Baillod, 87 ; Wearing et al., 78 ; Weires et Smith, 79
Zetzellia mali acarien stigmaéide indigène des vergers	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; protection	variable avec les pesticides	faune indigène	efficacité à démontrer ; lutte intégrée en vergers	Delattre, 74 ; Parent, 67

4.14 Thrips des petits fruits (M.) Frankliniella occidentalis (Perg.)

Jusqu'à récemment d'une importance mineure sauf dans l'ouest nord-américain, on trouve maintenant communément le thrips des petits fruits en cultures sous abri ici et partout en Amérique du Nord (Parella, 1988 ; Smith, 1988) et en Europe où il semble avoir été introduit accidentellement, il y a quelques années (Bournier et Bournier, 1987). Dans l'est du Canada, il surpasserait maintenant le thrips de l'oignon, Thrips tabaci, et Frankliniella tritici en importance (Broadbent, 1988). Très polyphage, le thrips des petits fruits cause des problèmes sur les cultures non protégées dans l'ouest américain mais, ailleurs, ses ravages se manifestent surtout sur les cultures maraîchères et florales en serres, notamment le concombre, la tomate, le piment et le chrysanthème (Parella, 1988). Une infestation sévère provoque le dessèchement des bourgeons, la chute des fleurs et la nécrose des fruits. Le thrips est aussi vecteur de maladies virales et, en particulier, du TSWV (Tomato spotted wilt) (Cho et al., 1984).

Jusqu'à récemment, les thrips n'étaient pas considérés comme des ravageurs primaires en cultures sous abris mais, avec le progrès de la répression biologique des ravageurs primaires, notamment des tétranyques et des aleurodes, l'importance des thrips a augmenté (Freuler et Paccaud, 1980 ; Hussey, 1985b ; van Lenteren et Woets, 1988).

Peu d'informations sont disponibles concernant la régulation naturelle des populations du thrips des petits fruits. En nature, une humidité et des températures élevées favorisent les infestations de thrips. Plusieurs espèces de punaises prédatrices et, en particulier, de Nabis, Geocoris et Orius sont identifiées comme des ennemis naturels importants. En Californie, on a montré que le compagnonnage, en favorisant l'activité de la punaise Orius tristicolor, peut constituer une protection efficace contre les infestations du thrips des petits fruits sur la courge en parcelle (Létourneau et Altieri, 1983).

En Europe, une souche anti-thrips du champignon pathogène Verticillium lecanii est à l'essai contre Thrips tabaci (Hussey, 1985a), ainsi que plusieurs autres pathogènes fongiques, notamment Beauveria bassiana (Lipa, 1985), Entomophthora parvispora et E. thripidum qui sont d'autres candidats potentiels au développement de mycopesticides contre les thrips (Hussey, 1985a ; Wilding et Latteur, 1987).

Les acatiens phytoséiides non spécifiques et, en particulier, Amblyseius mackenziei, ont fait l'objet de recherches et d'essais opérationnels pendant plusieurs années en Europe, dans le but de trouver un auxiliaire adaptable aux lâchers inondatifs en serres contre les thrips, en particulier, Thrips tabaci sur le concombre (Hussey, 1985a ; Ramakers et van Lieburg, 1982). Ces essais semblent avoir donné des résultats variables et peu encourageants, du moins sur le concombre (van Lenteren et Woets, 1988). De meilleurs résultats ont été obtenus sur le piment avec un autre phytoséiide, A. cucumeris (van Lenteren et Woets, 1988), qui est également à l'essai dans l'ouest canadien où on tente de sélectionner une souche sans diapause pour prévenir l'inactivité du prédateur en jours courts (Smith, 1988). Par ailleurs, un nouvel acarien, actuellement identifié comme Hyposapis sp., est aussi à l'essai dans la région de Vancouver (Gillespie, 1988), mais peu d'informations sont disponibles à son sujet.

Conclusion

Le problème des thrips en serres est en partie lié à la diminution du recours aux pesticides chimiques contre les ravageurs primaires, notamment l'aleurode des serres et les tétranyques. Cette interdépendance souligne plus qu'ailleurs l'importance d'une approche intégrée. Bien qu'aucun antagoniste vraiment efficace n'ait encore émergé des recherches visant la lutte biologique contre les thrips, plusieurs candidats à ce titre sont à l'étude, y compris certains qui pourraient bientôt mener à des applications commerciales. Parmi les plus sérieusement considérés, on note l'acarien prédateur Amblyseius cucumeris et le champignon pathogène Verticillium lecanii.

Recommandations

Dans ce cas, il faudrait :

1) encourager les essais de répression des thrips en serriculture avec les acariens phytoséiides, notamment Amblyseius cucumeris ;
2) étudier les alternatives fondées sur des mycopesticides, notamment le Verticillium lecanii dont une souche anti-thrips a été isolée et fait l'objet de tests en Europe ;
3) favoriser la recherche d'alternatives parmi les autres antagonistes connus du thrips des petits fruits en Amérique du Nord.

Tableau 14 : THRIPS DES PETITS FRUITS, Frankliniella occidentalis (Perg.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Champignons pathogènes						
Beauveria bassiana pathogène non spécifique	destruction par mycose mortelle ; pathogénicité démontrée pour Thrips tabaci	biopesticide mycologique	variable avec les fongicides, insecticides et herbicides ; applicable en combinaison avec certains insecticides	formules commerciales et expérimentales en Amérique ; produit industriel dans les pays de l'Est (Boverin)	efficacité à vérifier ; lutte intégrée sur concombre de serres ; développements nécessaires	Lipa, 85
Entomophthora parvispora pathogène naturel du Thrips tabaci en Europe	destruction par mycose	biopesticide mycologique, avec possibilité d'épizootie sous conditions humides	limitée aux fongicides	présent à l'état naturel en serres sur sol humide en Europe	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Hussey, 85b ; Wilding et Latteur, 87
Entomophthora thripidum pathogène naturel de thrips en Europe	destruction par mycose	biopesticide mycologique, avec possibilité d'épizootie sous conditions humides	limitée aux fongicides ; requiert forte humidité	présent à l'état naturel en serres sur sol humide en Europe	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Hussey, 85b

Tableau 14 : THRIPS DES PETITS FRUITS, Frankliniella occidentalis (Perg.)
Sommaire sélectif des alternatives biologiques de lutte (suite)

Agent	Principe d'action	Usage	Compatibilité	Etat d'avancement	Perspective	Références
Verticliium lecanii pathogène des cochenilles, pucerons et autres insectes et arachnides ; souche anti-Thrips tabaci à l'essai	destruction par mycose	biopesticide mycologique	limitée avec les fongicides ; requiert forte humidité	disponible commercialement	efficacité à démontrer ; développements nécessaires	Hussey, 85b
II. Prédateurs						
Amblyseius cucumeris acarien phytoséiide polyphage	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; lutte intégrée à faible densité de proies	limitée avec les insecticides ; variable avec les autres pesticides	disponible commercialement ; élevé en masse dans certaines institutions européennes et nord-américaines	à l'essai ; efficacité à vérifier en conditions locales	Gillespie, 88 ; Hussey, 85b, 86 ; van Lenteren et Woets, 88
Amblyseius mackenziei acarien phytoséiide polyphage	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; lutte intégrée à faible densité de proies	limitée avec les insecticides ; variable avec les autres pesticides	disponible commercialement ; élevé en masse dans certaines institutions européennes et nord-américaines	efficacité non confirmée sur concombre après plusieurs années d'essai en Europe	Hussey, 85b, 86 ; van Lenteren et Woets, 88
Hypoaspis sp. acarien	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs ; lutte intégrée	limitée avec les insecticides ; variable avec les autres pesticides	élevé en masse en Colombie-Britannique	à l'essai ; efficacité à démontrer	Gillespie, 88
Orius tristicolor punaise anthocoride	destruction par prédation	lâchers inondatifs ou inoculatifs	limitée avec les insecticides ; variable avec les autres pesticides	présente à l'état naturel dans l'ouest américain	efficacité à démontrer en serres	Létourneau et Altieri, 83

5. CONCLUSION

Les alternatives biologiques, pour tous les ravageurs ou groupes de ravageurs retenus dans cette étude, ne sont pas toutes également applicables immédiatement ; dans plusieurs cas, des recherches additionnelles seront nécessaires.

Une condition essentielle au transfert de la lutte chimique vers les modes biologiques est donc le soutien à la recherche et au développement technique, en particulier dans les institutions de recherche traditionnelles. Deuxièmement, même pour les alternatives applicables actuellement, les connaissances ne sont pas largement disséminées et accessibles. Les responsables du transfert des connaissances vers les producteurs, normalement les agronomes, ont donc un important rôle à jouer et doivent, par conséquent, être renseignés sur les alternatives biologiques et leur application en lutte intégrée. Finalement, dans le cas d'alternatives impliquant des biopesticides ou la libération d'entomophages, ces agents doivent être disponibles sur le marché ou dans des institutions gouvernementales. Il est impossible d'analyser en détail ici les conditions requises pour que s'effectue un virage réel des pratiques de répression vers des alternatives biologiques ; cependant, certaines lignes directrices peuvent être dégagées.

Recherche

La recherche scientifique dans le domaine des alternatives biologiques est pratiquée à l'échelle mondiale et, sauf dans le cas de la recherche effectuée par les firmes privées à des fins de commercialisation, les résultats sont publiés rapidement et, dans bien des cas, applicables en dehors du pays d'origine. Cependant, la recherche locale n'est pas pour autant négligeable. Les ressources étant limitées, la contribution locale à la recherche fondamentale ou au développement technique sera forcément limitée à certains agents ou catégories d'agents particuliers. Des efforts de recherche et de soutien technique seront nécessaires pour toutes les productions, sans égard aux agents ou catégories d'agents biologiques, à cause des conditions particulières de l'agriculture québécoise.

La recherche fondamentale ou appliquée s'avère d'abord et avant tout la responsabilité des institutions universitaires ou gouvernementales de recherche, qui ont déjà un rôle identifié dans la formation des conseillers agricoles ou des chercheurs. Certaines institutions québécoises ont déjà des chercheurs spécialisés en lutte biologique ou dans un domaine connexe (voir l'annexe II), mais leur nombre est limité. En réalité, plusieurs disciplines fondamentales ou champs d'application de la lutte biologique sont intouchés ou presque. Parmi les disciplines fondamentales en manque d'expertise se trouvent, entre autres :

1) **la pathologie des insectes** : le mode d'action des pathogènes et la modélisation des épizooties ; pour les ravageurs agricoles plutôt que forestiers ou piqueurs, le Québec a seulement quelques chercheurs spécialisés en biologie moléculaire de pathogènes particuliers, soit le virus à granulose de la piéride du chou et le B. t. kurstaki ;

2) **la dynamique des populations des ravageurs agricoles** : le rôle des maladies et des entomophages comme facteurs de mortalité ; pour plusieurs ravageurs primaires, même l'inventaire des antagonistes présents dans nos conditions de culture s'avère incomplet ;

3) **l'acarologie** : la bioécologie des phytoséiides ; aucun spécialiste actif au Québec ;

4) **l'élevage en masse et la nutrition des entomophages** : aucun spécialiste.

Pour la recherche appliquée, l'expertise en lutte biologique ou intégrée est également peu développée localement, surtout si l'on considère que ce type d'expertise est forcément orienté par ravageur ou groupe de ravageurs. Ainsi, le Québec ne compte pas d'expertise en lutte biologique appliquée pour des ravageurs aussi importants que la mouche de l'oignon, la pyrale et les chrysomèles du maïs, les tétranyques, l'aleurode et les pucerons des serres ou les mirides phytophages, pour n'en mentionner que quelques-uns.

Au point de vue ressources matérielles, l'implantation d'un laboratoire spécialisé dans la multiplication des insectes et prédateurs entomophages apparaît clairement comme une condition essentielle au développement de la recherche. Quoique les institutions spécialisées viennent en premier lieu quand il s'agit de recherche, l'entreprise privée dans ce domaine n'est pas pour autant exclue, surtout du côté de la recherche appliquée. La recherche contractuelle, ayant pour objectif la mise au point de produits commercialisables parmi les biopesticides et les entomophages, ainsi que le développement de produits nouveaux ou améliorés (nouvelles formules de biopesticide, nouvel entomophage ou entomophage avec des propriétés nouvelles comme la résistance aux pesticides), constitue des opportunités de recherche aux fins de la commercialisation qui sont accessibles à l'entreprise privée, avec ou sans la collaboration des institutions traditionnelles.

Transfert des connaissances

Les conseillers agricoles manquent en général de préparation spécifique en vue de l'application des modes alternatifs biologiques. Même dans le cas de la lutte contre les ravageurs des cultures abritées, pour lesquels la lutte intégrée axée sur des entomophages contre les ravageurs primaires est développée au point que les agents biologiques sont disponibles commercialement, la diffusion des connaissances aux producteurs demeure limitée et fragmentaire. Dans ce cas, une partie du problème est sûrement liée au fait que les firmes qui commercialisent les agents sont toutes situées à l'extérieur ou n'ont pas de distributeurs locaux ou, encore, que ceux-ci ne sont pas suffisamment impliqués ou spécialisés eux-mêmes. Il en résulte que les producteurs sont mal renseignés sur les conditions d'application ou même sur l'efficacité des agents biologiques, que leurs expériences avec les alternatives biologiques sont souvent désastreuses et qu'il n'existe pas de services spécialisés pouvant répondre à leurs besoins.

À court terme, la solution repose sur des ateliers de formation pratique et des cours d'extension destinés aux conseillers, aux producteurs et aux distributeurs d'agents. À moyen terme, il est aussi possible d'envisager l'existence de services du type télé-expertise issus d'institutions ayant les ressources nécessaires, avec possiblement la collaboration de l'entreprise

privée. A plus long terme, la solution repose sur l'enrichissement des programmes de formation des intervenants par des cours spécifiques portant sur la lutte biologique. Les biopesticides actuellement commercialisés ou en voie de l'être sont des produits de sociétés étrangères de moyenne ou grande taille déjà bien implantées et pouvant offrir une vive concurrence pour le marché local (voir l'annexe C). Par ailleurs, tel que mentionné, les firmes produisant des insectes ou acariens entomophages distribués commercialement au Québec sont également à l'extérieur, en particulier en Ontario, en Colombie-Britannique et en Europe (voir l'annexe C).

La viabilité commerciale de firmes locales qui voudraient s'impliquer dans la production de biopesticides ou d'entomophages, en plus de leur simple distribution, apparaît possible, mais ces firmes auront probablement à se spécialiser vers des produits nouveaux ou améliorés, pouvant leur procurer une niche les mettant à l'abri de la concurrence des firmes déjà établies. Le développement de produits nouveaux ou améliorés n'apparaît possible qu'avec des efforts de recherche considérables, difficilement soutenables pour de petites ou moyennes entreprises. Cependant, il est possible d'envisager de tels développements dans le cadre d'ententes de collaboration entre l'entreprise privée et des institutions traditionnellement vouées à la recherche. C'est d'ailleurs la voie qu'ont suivie plusieurs des firmes commerciales existantes produisant et vendant des entomophages.

En ce qui concerne les institutions publiques, leur rôle est évident dans le cas de l'implantation d'agents exotiques qui doivent nécessairement recevoir une autorisation d'importation par Agriculture Canada. D'ailleurs, la recherche d'agents à l'étranger nécessite une collaboration internationale et implique normalement des organismes spécialisés, notamment le Commonwealth Institute of Biological Control, qui a l'expertise et les structures permettant la réalisation de tels projets. Les institutions publiques ont aussi un rôle évident à jouer dans le cas d'agents biologiques non commercialisés, en particulier d'insectes et acariens entomophages. La libération en masse, à l'extérieur, d'entomophages non commercialisés ne peut être rentable, d'où l'importance de l'implantation d'un laboratoire d'élevage d'entomophages.

6. BIBLIOGRAPHIE

ACTA (Ed.), 1983. Faune et flore auxiliaires en agriculture (Journées d'études et d'informations, 4 et 5 mai 1983, Paris). Association de coordination technique agricole, Paris, 368 p.

Aliniazee, M. T. et J. E. Cranham, 1980. Effect of four synthetic pyrethroids on a predatory mite, Typhlodromus pyri, and its prey, Panonychus ulmi, on apples in southeast England. Environ. Entomol. 9 : 436-439.

Anderson, T. E. et D. W. Roberts, 1983. Compatibility of Beauvaria bassiana isolates with insecticide formulations used in Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) control. J. Econ. Entomol. 76 :1437-1441.

Andreadis, T. G., 1982a. Current status of imported and native parasites of the European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae) in Connecticut. J. Econ. Entomol. 75 : 626-629.

Andreadis, T. G., 1982b. Impact of Nosema pyrausta on field populations of Macrocentrus grandii, an introduced parasite of the European corn borer, Ostrinia nubilalis. J. Invertebr. Pathol. 39 : 298-302.

Andreadis, T. G., 1986. Dissemination of Nosema pyrausta in feral populations of the European corn borer, Ostrinia nubilalis. J. Invertebr. Pathol. 48 : 335-343.

Andreadis, T. G., 1987. Horizontal transmission of Nosema pyrausta (Microsporida : Nosematidae) in the European corn borer, Ostrinia nubilalis (Lepidoptera : Pyralidae). Environ. Entomol. 16 : 1124-1129.

Angerilli, N. P. D. et F. Fitzgibbon, 1985. Orchard evaluation of tow miticides and dormant oil for control of European red mite. Pesticide Research Report. (Agric. Can.) p. 5.

Aronson, A. I., W. Beckman et P. Dunn, 1986. Bacillus thuringiensis and related insect pathogens. Microbiol. Rev. 50 : 1-24.

Askew, R. R., 1971. Parasitics insects. Heinemann Educational Books, London, 316 p.

Baillod, M. et J. P. Bassino, 1979. L'estimation du risque provoqué par l'acarien rouge (Panonychus ulmi Koch) en viticulture et perspectives ouvertes par la lutte biologique à l'aide de Typhlodromes. pp. 255-260, In : OILB/SROP (Ed.), Symposium international OILB/SROP sur la lutte intégrée en agriculture et en forêt, Vienne, 8-12 octobre, Autriche, 648 p.

Baillod, M., E. Guignard, M. Genini et Ph. Antonin, 1985. Essais de lutte biologique en 1984 contre les acariens phytophages en vergers de pommiers, sensibilité et résistance aux insecticides de Typhlodromus pyri Scheuten. Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 17 : 129-135.

Bajan, C., 1980. Duration of entomopathogenic fungi introduced into soil. Parasitology 27 : 955-957.

Basset, P., 1985. Biology of minor pests. Tarsonemid mites. pp. 93-96, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological Pest Control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Beirne, B. P., 1971. Pest insects of annual crops in Canada. I. Lepidoptera. II. Diptera. III. Coleoptera. Entom. Soc. Canada Mem. No 78. 123 p.

Beirne, B. P., 1972. Pest insects of annual crops in Canada. IV. Hemiptera-Homoptera. V. Orthoptera. VI. Other groups. Entom. Soc Canada Mem. No 85. 73 p.

Bélair, G. et G. Boivin, 1985. Susceptibility of the carrot weevil (Coleoptera : Curculionidae) to Steinernema feltiae, S. bibionis, and Heterorhabditis heliothidis. J. Nematol. 17 : 363-366.

Bigler, F., 1986. Mass production of Trichogramma maidis Pint. et Voeg. and its field application against Ostrinia nubilalis Hbn. in Switzerland. J. Appl. Entomol. 101 : 23-29.

Bigler, F., J. Baldinger et L. Luisoni, 1982. L'impact de la méthode d'élevage et de l'hôte sur la qualité intrinsèque de Trichogramma evanescens Westw. pp. 167-180, In : INRA (Ed.), Les Trichogrammes (Les Colloques de l'INRA), INRA, Paris, 307 p.

Bigler, F. et R. Brunetti, 1986. Biological control of Ostrinia nubilalis Hbn. by Trichogramma maidis Pint. et Voeg. on corn for seed production in southern Switzerland. J. Appl. Entomol. 102 : 303-308.

Blackman, R. L., 1987. Morphological discrimination of a tobacco-feeding form from Myzus persicae (Sulzer) (Hemiptera : Aphididae), and a key to new world Myzus (Nectarosiphon) species. Bull. Entomol. Res. 77 : 713-730.

Boiteau, G., 1988. Control of the Colorado potato beetle L.d., learning from the Soviet experience. Bull. Entomol. Soc. Can. 20 : 9-14.

Boiteau, G. et J. C. Dunphy, 1987. Control of the Colorado potato beetle. Pesticide Research Report (Agric. Can.) : 94.

Boivin, G., 1985. Evaluation of monitoring techniques for the carrot weevil, Listronotus oregonensis (Coleoptera : Curculionidae). Can. Entomol. 117 : 927-933.

Boivin, G., 1986. Anaphes sordidadus (Girault) (Hymenoptera : Mymaridae) an egg parasite of the carrot weevil Listronotus oregonensis (Le Conte). Can. Entomol. 118 : 393-394.

Boivin, G., 1988. Effects of carrot developmental stages on feeding and oviposition of carrot weevil, Listronotus oregonensis (Le Conte) (Coleoptera : Curculionidae). Environ. Entomol. 17 : 330-336.

Boivin, G. et D. L. Benoît, 1987. Predicting onion maggot (Diptera : Anthomyiidae) flights in southwestern Québec using degree-days and common weeds. Phytoprotection 68 : 65-70.

Bondarenko, N. V.,1979. Utilisation des insectes aphidiphages pour la lutte contre les pucerons en serre. pp. 39-45, In : INRA (Ed.), Lutte biologique et intégrée contre les pucerons, Colloque franco-soviétique, Rennes, 26-27 sept. Paris, 79 p.

Bostanian, N. J. et L. J. Coulombe, 1986. An integrated pest management program for apple orchards in southwestern Québec. Can. Entomol. 118 : 1131-1142.

Bournier, A. et J. P. Bournier, 1987. L'introduction en France d'un nouveau ravageur : Frankliniella occidentalis. Phytoma - Défense des cultures 388 :15-17.

Broadbent, A. B., 1988. Management of insect vectors of floricultural crops. p. 330, In : Abstracts and author index. Proc. XVIII International Congress of Entomology, Vancouver, B.C., Canada, July 3rd to 9th, 499 p.

Brooks, W. M., 1980. Production and efficacy of protozoa. Biotechnol. Bioeng., 22 : 1415-1440.

Burbutis, P. P., N. Erwin et L. R. Ertle, 1981. Reintroduction and establishment of Lydella thompsoni and notes on other parasites of the European corn borer in Delaware. Environ. Entomol. 10 : 779-781.

Burbutis, P. P. et L. F. Goldstein, 1983. Mass rearing Trichogramma nubilale on European corn borer, its natural host. Prot. Ecol., 5 : 269-275.

Burbutis P. P. et C. H. Koepke, 1981. European corn borer control in peppers by Trichogramma nubilale. J. Econ. Entomol. 74 : 246-247.

Burbutis, P. P., C. E. Mason et R. F. Romig, 1984. European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae) and its parasitoid Lydella thompsoni (Diptera :Tachinidae) in Delaware. J. Kansas Entomol. Soc. 57 : 394-399.

Burbutis, P. P., B. W. Morse, D. Morris et G. Benzon, 1983. Trichogramma nubilale (Hymenoptera : Trichogrammatidae) : progeny distribution and superparasitism in European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae). Environ. Entomol. 12 : 1587-1589.

Burges, H. D., 1981. Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980. Academic Press, London et New York. 949 p.

Burges, H. D., 1982. Control of insects by bacteria. Parasitology 84 :79-117.

Burkhardt, C. C. 1985., Insect pests of corn. pp. 282-309 In : R.E. Pfadt (Ed.), Fundamentals of applied entomology, 4th edition, Macmillan, New York, 742 p.

Caccia, R., M. Baillod, E. Guignard et S. Kreiter, 1985. Introduction d'une souche de Amblyseius andersoni Chant (Acari, Phytoseiidae) résistant à l'azinphos, dans la lutte contre les acariens phytophages en viticulture. Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 17 : 285-290.

Caltagirone, L. E., 1981. Landmark examples in classical biological control. Annu. Rev. Entomol. 26 : 213-232.

Canning, E. U., 1981. Insect control with protozoa. pp. 201-216, In : G. C. Papavizas (Ed.), Biological control in crop protection (BARC Symposium No 195). Allanheld, Osmun Publ., Toronto, 461 p.

Cantwell, G. E., R. J. Argauer et W. W. Cantelo, 1985. Activity on the ß-exotoxin of Bacillus thuringiensis in the Escheria coli DNA repair assay for bacterial genotoxicity. J. Entomol. Sci. 20 : 104-108.

Cantwell, G. E., W. W. Cantelo et R. F. W. Schroder, 1985. The integration of a bacterium and parasites to control the Colorado potato beetle and the Mexican bean beetle. J. Entomol. Soc. 20 : 98-103.

Cantwell, G. E., W. W. Cantelo et R.F.W. Schroder, 1986. Effect of Beauveria bassiana on underground stages of the Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera : Chrysomelidae). Great Lakes Entomol. 19 : 81-84.

Cantwell,G. E., E. Dougherty et W. W. Cantelo, 1983. Activity of the ß-exotoxin of Bacillus thuringiensis against the Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) and bacterial mutagenic response as determined by the Ames test. Environ. Entomol. 12 : 1424-1427.

Carruthers, R. I. et D. L. Haynes, 1985. Laboratory transmission and in vivo incubation of Entomophthora muscae (Entomophthorales : Entomophthoraceae) in the onion fly, Delia antiqua (Diptera : Anthomyiidae). J. Invertebr. Pathol. 45 : 282-287.

Carruthers, R. I., D. L. Haynes et D. M. MacLeod, 1985a. Entomophthora muscae (Entomophthorales : Entomophthoraceae) mycosis in the onion fly, Delia antiqua (Diptera : Anthomyiidae). J. Invertebr. Pathol. 45 : 81-93.

Carruthers, R. I., G. H. Whitfield et D. L. Haynes, 1985b. Pesticide-induced mortality of natural enemies of the onion maggot, Delia antiqua (Diptera : Anthomyiidae). Entomophaga 30 : 151-161.

Carruthers, R. I. et D. L. Haynes, 1986. Temperature, moisture, and habitat effects on Entomophthora muscae (Entomophthorales : Entomophthoraceae) conidial germination and survival in the onion agro-ecosystem. Environ. Entomol. 15 : 1154-1160.

Carruthers, R. I., G. H. Whitfield, R. L. Tummala et D. L. Haynes, 1986. A system approach to research and simulation of insect pest dynamics in the onion agro-ecosystem. Ecological Modelling, 33 : 101-121.

Carver, M., 1984. The potential host ranges in Australia of some imported aphid parasites (Hym. : Ichneumonoidea : Aphidiidae). Entomophaga, 29 : 351-359.

Casagrande, R.A., 1987. The Colorado potato beetle : 125 years of mismanagement. Bull. Entomol. Soc. Amer. 33 :142-150.

Chamberlin, J. R. et L. T. Kok, 1986. Cabbage lepidopterous pests and their parasites in southwestern Virginia. J. Econ. Entomol. 79 : 629-632.

Chambers, R. J., 1986. Preliminary experiments on the potential of hoverflies (Dipt. : Syrphidae) for the control of aphids under glass. Entomophaga, 3 : 197-204.

Chant, D. A., 1961. An experiment in biological control of Tetranychus telarius (L.) (Acarina : Tetranyxhidae) in a greenhouse using the predacious mite Phytoseiulus persimilis Athisa-Henriot (Phytoseiidae). Can. Entomol. 93 :437-443.

Chiang, H. C., P. P. Burbutis et C. S. Volden, 1986. Assessing the potential of augmentation program : Trichogramma-Ostrinia system as an example. Plant Prot. Bull., 28 : 13-22.

Cho, J. J., W. C. Mitchell, L. Ydin et L. Takayama, 1984. Ecology and epidemiology of TSWV and its vectors, Frankliniella occidentalis. Phytopathology 74 : 866.

Clausen, C. P., 1940. Entomophagous insects. McGraw-Hill, New York. 688 p.

Collins, R. D. et E. Grafius, 1986b. Impact of the egg parasitoid, Anaphes sordidadus (Hymenoptera : Mymaridae), on the carrot weevil (Coleoptera : Curculionidae). Environ. Entomol. 15 : 469-475.

Collins, R. D. et E. Grafius, 1986a. Biology and life cycle of Anaphes sordidadus (Hymenoptera : Mymaridae), an egg parasitoid of the carrot weevil (Coleoptera : Curculionidae). Environ. Entomol. 15 : 100-105.

Craig, C. H. et C. C. Loan, 1984. Lygus sp., plant bugs (Heteroptera : Miridae). pp. 45-47 In : J. S. Kelleher et M. A. Hulme Eds, Biological control programmes against insects and weeds in Canada 1969-1980, Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK, 410 p.

Craig, C. H. et C. C. Loan, 1987. Biological control efforts on Miridae in Canada. pp. 48-53, In : R. C. Hedlund et H. M. Graham (Eds.), Economic importance and biological control of Lygus and Anthocoris in North America, USDA Agricultural Research Service, ARS-64, 95 p.

Cranham, J. E., E. G. Kapetanakis et A. J. Fisher, 1983. Resistance to insecticides in the predatory mite Typhlodromus pyri and its spider mite prey. p. 638, In : 10th International Congress of Plant Protection vol. 2, The Lavenham Press Limited, Lavenham, Suffolk, 3 vols.1228 p.

Creighton, C. S., T. L. McFadden et M. L. Robbins, 1981. Comparative control of caterpillars on cabbage cultivars treated with Bacillus thuringiensis. J. Georgia Entomol. Soc. 16 : 361-367.

Croft, B. A., 1976. Establishing insecticide-resistant phytoseiid mite predators in deciduous tree fruit orchards. Entomophaga, 21 : 383-399.

Cunningham, J. C., 1988. Baculoviruses = their status compared to Bacillus thuringiensis as microbial insecticides. Outlook on Agriculture 17 : 10-17.

Danilov, L. G., 1978. (Susceptibility of the Colorado potato beetle (Leptinotarsa decemlineata Say) to infection by entomopathogenic nematodes Neoplectana carpocapsae Weiser, strain Agriotas.) Biullentin' Vsesoiuzngo nauchno-issledovatel' skago instituta Zashchity rastenii 1978 (44) : 3-6. (en russe) .

Debach, P., 1974. Biological control by natural enemies. Cambridge University Press, New York. 323 p.

Dedryver, C. A., D. Perry, J. P. Latgé, B. Papierok et G. Remaudière, 1979. Première implantation de E. O. dans une population de Rhopalosiphum padi en serre, à l'aide de spores de résistance produites in vitro. pp. 67-72, In : INRA (Ed.), Lutte biologique et intégrée contre les pucerons, Colloque franco-soviétique, Rennes, 26-27 sept., Paris, 79 p.

Delattre, P., 1974. Etude de l'efficacité prédatrice de Zetzellia mali (Acarina : Stigmaeidae) vis-à-vis du tétranyque du pommier, Panonychus ulmi (Acarina : Tetranychidae). Entomophaga 19 : 13-31.

Delorme, R., A. Angot et D. Augé, 1984. Variations de sensibilité d'Encarsia formosa Gohan (Hym. : Aphelinidae) soumis à des pressions de sélection insecticide : approches biologiques et biochimiques. Agronomie, 4 : 305-309.

Dinh, N. V., M. W. Sabelis et A. Janssen, 1988a. Influence of humidity and water availability on the survival of Amblyseius idaeus and A. anonymus (Acarina : Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 4 : 27-40.

Dinh, N. V., A. Janssen et M. W. Sabelis, 1988b. Reproductive success of Amblyseius idaeus and A. anonymus on a diet of two-spotted spider mites. Exp. Appl. Acarol. 4 : 41-51.

Dougherty, E. M., 1986. Insect viral control agents. J. Industr. Microbiol. 28 suppl. 2 : 63-75.

Drummond, J., J. B. Heale et A. T. Gillespie, 1987. Germination and effect of reduced humidity on expression of pathogenicity in Verticillium lecanii against the glasshouse whitefly Trialeurodes vaporariorum. Ann. Appl. Biol. 111 : 193-201.

Duchêsne, R.-M., 1987. Essai de Bacillus thuringiensis, volet 5. Pesticide Research Report (Agric. Can.) : 97-100.

Duchêsne, R. et G. Boiteau, 1987. Microbial control of insect pests of potato. pp. 112-132, In : G. Boiteau, R. P. Singh et R. H. Parry (Eds.), Potato pest management in Canada / Lutte contre les parasites de la pomme de terre au Canada, Proc. Symp. « Improving potato pest protection ». Entente Canada/ N.-B. sur le développement du secteur agro-alimentaire, Fredericton, N.-B., 354 p.

Eveleigh, E. S. et D. A. Chant, 1981. Experimental studies on acarine prey-predator interaction : effect of predator age and feeding history on prey consumption and the functional response (Acarina : Phytoseiidae). Can. J. Zool. 59 : 1387-1406.

Fauvel G. B. Naïbo, C. Le Goff et P. Tessier, 1987. Les acariens tétranyques du maïs. Phytoma. Défense des cultures, pp. 25-27.

Feng, Z., R. I. Carruthers, T. S. Larkin et D. W. Roberts, 1988. A phenology model and field evaluation of Beauveria bassiana (Bals.) Vuillemin (Deuteromycotina : Hyphomycetes) mycosis of the European corn borer Ostrinia nubilalis (Hbn.) (Lepidoptera : Pyralidae). Can. Entomol. 120 : 133-144.

Ferran, A. et M.-M. Larroque, 1984. Efficacité de la coccinelle aphidiphage Semiadalia undecimnotata Schn. en serre. Agronomie, 4 : 367-376.

Ferron, P., 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. Annu. Rev. Entomol. 23 : 409-442.

Fournier, D., M. Pralavorio et O. Pourriere, 1985. Etude du phytoseiide Cydnodromus chilenensis en vue de son utilisation contre Tetranychus urticae en culture protégée de fraisier. Entomophaga, 30 : 113-120.

Fournier, D., M. Pralavorio, Y. Trottin-Caudal, J. Coulon, S. Malezieux et J. B. Berge, 1987. Sélection artificielle pour la résistance au méthidathion chez Phytoseiulus persimilis A. H. Entomophaga, 32 : 209-219.

Fransen, J. J., K. Winkelman et J. C. van Lenteren, 1987. The differential mortality at various life stages of the greenhouse whitefly, Trialeurodes vaporariorum (Homoptera : Aleyrodidae), by infection with the fungus Aschersonia aleyrodis (Deuteromycotina : Coelomycetes). J. Invertebr. Pathol. 50 :158-165.

French, N., W. J. Parr, H. J. Gould, J. J. Williams et S. P. Simmonds, 1976. Development of biological methods for the control of Tetranychus urticae on tomatoes using Phytoseiulus persimilis. Ann. Appl. Biol. 83 : 177-189.

Freuler, J. et F. X. Paccaud, 1980. Lutte biologique de la théorie à la pratique. Emploi de deux auxiliaires dans la lutte contre la mouche blanche et l'araignée jaune. Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 12 : 99-113.

Galichet, P. F., M. Riany et D. Agounke, 1985. Bioecology of Lydella Thompsoni Herting,(Dip. : Tachinidae) within the Rhone delta in southern France. Entomophaga, 30 : 315-328.

Gardner, W. A., R. D. Oetting et G. K. Storey, 1984. Scheduling of Verticillium lecanii and benomyl applications to maintain aphid (Homoptera : Aphididae) control on chrysanthemums in greenhouses. J. Econ. Entomol. 77 : 514-518.

Genini, M. et M. Baillod, 1987. Introduction de souches résistantes de Typhlodromus pyri (Scheuten) et Amblyseius andersoni Chant (Acari : Phytoseiidae) en vergers de pommiers. Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 19 : 115-123.

Gilkeson, L. A. et S. B. Hill, 1987. Release rates for control of green peach aphid (Homoptera : Aphididae) by the predatory midge Aphidoletes aphidimyza (Diptera : Cecidomyiidae) under winter greenhouse conditions. J. Econ. Entomol. 80 : 147-150.

Gilkeson, L., 1988a. Biological control of aphids. Biocontrol News / Nouvelles en lutte biologique. Agric. Can. 1 : 38.

Gilkeson, L., 1988b. Rapport sur le programme de lutte biologique contre les pucerons (Chine/Canada). Biocontrol News / Nouvelles en lutte biologique. Agric. Can. 1 : 6-8.

Gillespie, D.R. et D. Quiring, 1987. Yellow sticky traps for detecting and monitoring greenhouse whitefly (Homoptera : Aleyrodidae) adults on greenhouse tomato crops. J. Econ. Entomol. 80 : 675-679.

Gillespie, D. R., 1988. Greenhouse evaluations of a predatory mites, Hypoaspis spp. Bio-Control News/Nouvelles en lutte biologique. Agric. Can. 1 : 34.

Goldstein, L. F., P. P. Burbutis et D. G. Ward, 1983. Rearing Trichogramma nubilale (Hymenoptera : Trichogrammatidae) on ultravioltet-irradiated eggs of the European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae). J. Econ. Entomol. 76 : 969-971.

Grafius, E. et R. D. Collins, 1986. Overwintering sites and survival of the carrot weevil, Listronotus oregonensis (Coleoptera : Curculionidae). Environ. Entomol. 15 ; 113-117.

Graham, H. M., 1987. Summary and recommandations. pp. 94-95, In : R. C. Hedlund et H. M. Graham (Eds.), Economic importance and biological control of Lygus and Anthocoris in North America, USDA, ARS-64, 95 p.

Graham, H. M., C. G. Jackson et J. W. Debolt, 1986. Lygus sp. (Hemiptera : Miridae) and their parasites in agricultural areas of southern Arizona. Environ. Entomol. 15 : 132-142.

Granados, R. R. et B. A. Federici, 1986a. The biology of baculoviruses. Vol. I. Biological properties and molecular biology. CRC Press, Boca Raxon. 304 p.

Granados, R. R. et B. A. Federici, 1986b. The biology of baculoviruses. Vol. II. Practical application for insect control. CRC Press, Boca Raxon. 320 p.

Greathead, D. J., 1986. Parasitoids in classical biological control. pp. 289-318. In : J. Waage et D. Greathead (Eds.), Insects parasitoids, Academic Press, London, 389 p.

Guérin, A., 1985. Etude de l'efficacité d'une préparation à base de Beauveria contre la pyrale du maïs dans la Vienne. pp.141-148, In : INRA (Ed.), L'emploi d'ennemis naturels dans la protection des cultures, Les Colloques de l'INRA, no 34, INRA, Paris., 198 p.

Hägvar, E. B. et T. Hofsvang, 1988. The aphid parasitoid Ephedrus cerasicola Stary : the process leading to successful parasitism response to host density and its possible use in aphid control. Dr. Agric. Thesis, Université de Norvège, 51 p.

Hajek, A. E., R. B. Soper, D. W. Roberts, T. E . Anderson, K. D. Biever, D. N. Ferro, R. A. Lebrun et R. H. Storch, 1987. Foliar applications of Beauveria bassiana (Balsams) Vuillemin for control of the Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Say) (Coloptera : Chrysomelidae) : an overview of pilot test results from the Northern United States. Can. Entomol. 119 : 959-974.

Hall, R. A., 1982. Control of whitefly, Trialeurodes vaporariorum and cotton aphid, Aphis gossypii in glasshouses by two isolates of the fungus, Verticillium lecanii. Ann. Appl. Biol. 101 : 1-11.

Hall, R. A., 1985. Practical experience with biological control. Aphid control by fungi. pp.138-141, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Hall, R. A. et H. D. Burges, 1979. Control of aphids in glasshouses with the fungus, Verticillium lecanii. Ann. Appl. Biol. 93 : 235-246.

Hall, R. A. et B. Papierok, 1982. Fungi as biological control agents of arthropods of agricultural and medical importance. Parasitology 1984 : 205-240.

Hämäläinen, M. 1980. Evaluation of two native coccinellids for aphid control in glasshouses. pp. 59-63, In : Working group integrated control in glasshouses. Proc. 4th Meeting. Bull. S.R.O.P./W.P.R.S. 1980 III/3, Organisation Internationale de Lutte Biologique, 257 p.

Hamlen, R. A. et R. K. Lindquist, 1981. Comparison of two Phytoseiulus species as predators of two-spotted spider mites on greenhouse ornamentals. Environ. Entomol. 10 : 524-527.

Hance, T. et A. Pasleau, 1987. Etude de la relation triphasique haricot-Tetranychus urticae - Phytoseiulus persimilis et de l'impact positif du prédateur sur la plante-hôte. Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent 52 : 433-448.

Harcourt, D. G., 1966. Major factors in survival of the immature stages of Pieris rapae (L.), Can. Entomol. 98 : 653-662.

Harper, A. M. et H. C. Huang, 1986. Evaluation of the entomophagous fungus Verticillium lecanii (Moniliales : Moniliaceae) as a control agent for insects. Environ. Entomol. 15 : 281-284.

Hassan, S. A., 1981. Mass-production and utilization of Trichogramma : 2. Four years successful biological control of the European corn borer. Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent 46 : 417-427.

Hassan, S. A., 1982. Mass-production and utilization of Trichogramma : 3. Results of some research projects related to the practical use in the Federal Republic of Germany. pp. 213-229, In : INRA (Ed.), Les trichogrammes (Les Colloques de l'INRA), INRA, Paris, 307 p.

Hassan, S. A., E. Stein, K. Dannemann et W. Reichel, 1986. Mass-production and utilization of Trichogramma : 8. Optimizing the use to control the European corn borer Ostrinia nubilalis Hbn., J. Appl. Entomol. 101 : 508-515. (en allemand)

Hawlitzky, N., M. Stenzel, J. Voegels, B. Crouzet et B. Raynaud, 1986. Strategy used in France in the biological control of the European corn borer Ostrinia nubilalis (Lep. : Pyralidae) by oophagous insect, Trichogramma maidis Voeg. et Pint. (Hym. : Trichogrammatidae). Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent 51 : 1029-1039.

Helyer, N. L., 1985. Integration of biological and chemical control of diseases and minor pests. The ecological selectivity of pesticides in integrated pest management. pp. 162-165, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Helyer, N. L. et M. S. Ledieu, 1986. The potential of heptenophos and MK-936 pesticides for control of minor pests in integrated pest control programmes under glass. Agric. Ecosys. Environ. 17 : 287-292.

Henry, J. E., 1981. Natural and applied control of insects by protozoa. Annu. Rev. Entomol. 26 : 49-73.

Henry, T. L. et J. D. Lattin, 1987. Taxonomic status, biological attributes, and recommandations for future work on the genus Lygus (Heteroptera : Miridae). pp. 54 - 68, In : R. C. Hedlund et H. M. Graham (Eds.), Economic importance and biological control of Lygus and Anthocoris in North America, USDA Agricultual Research Service, ARS-64, 95 p.

Herrnstadt, C., G. G. Soares, E. R. Wilcost et D. L. Edwards, 1986. A new strain of Bacillus thuringiensis with activity against coleopteran insects. Bio/Technology 4 : 305-308.

Hill, R. E. et W. J. Gary, 1979. Effects of the microsporidium, Nosema pyrausta, on field populations of European corn borers in Nebraska. Environ. Entomol. 8 : 91-95.

Hollyday, N. J. et R. H. Parry, 1987. Potato beetle control : ecology and management. pp. 77-98, In : G. Boiteau, R. P. Singh et R. H. Parry (Eds.), Potato pest management in Canada / Lutte contre les parasites de la pomme de terre au Canada, Proc. Symp. « Improving potato pest protection ». Entente Canada/ N.-B. sur le développement du secteur agro-alimentaire, Fredericton, N.-B., 354 p.

Horton, D. R. et J. L. Capinera 1987. Seasonal and host plant effects on parasitism of Colorado potato beetle by Myiopharus doryphorae (Riley) (Diptera : Tachinidae). Can. Entomol. 119 : 729-734.

Hostetter, D. L., R. E. Pinnell, P. A. Greer et C. M. Ignoffo, 1973. A granulosis virus of Pieris rapae as a microbial control agent on cabbage in Missouri. Environ. Entomol. 2 : 1109-1112.

Hoy, M. A. et D. C. Herzog (Eds.), 1985. Biological control in agricultural IPM systems. Academic Press, New York, 589 p.

Hudon, M., 1986. Un exemple de lutte rationnelle contre un ravageur du maïs : la pyrale. Rev. Entomol. Québec : 31 : 23-32.

Hudon, M. et E. J. LeRoux, 1986a. Biology and population dynamics of the European corn borer (Ostrinia nubilalis) with special reference to sweet corn in Québec. I. Systematics, morphology, geographical distribution, host range economic importance. Phytoprotection 67 : 39-54.

Hudon, M. et E. J. LeRoux, 1986b. Biology and population dynamics of the European corn borer (Ostrinia nubilalis) with special reference to sweet corn in Québec. II. Bionomics. Phytoprotection 67 : 81-92.

Hudon, M. et E. J. LeRoux, 1986c. Biology and population dynamics of the European corn borer (Ostrinia nubilalis) with special reference to sweet corn in Québec. III. Population dynamics and spatial distribution. Phytoprotection 67 : 93-115.

Huger, A M., 1984. Susceptibility of the egg parasitoid Trichogramma evanescens to the microsporidium Nosema pyrausta and its impact on fecundity. J. Invertebr. Pathol. 44 : 228-229.

Hussey, N. W., 1979. Integrated control of glasshouse pests and diseases : its history and development. pp. 177-185, In : OILB/SROP (Ed.), Proceedings : Symposium International OILB/SROP sur la lutte intégrée en agriculture et en forêt, Vienne, 8-12 octobre, Autriche, 648 p.

Hussey, N. W., 1985a. History of biological control in protected culture. Western Europe. pp. 11-22, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Hussey, N. W., 1985b. Integrated programmes for specific crops. Cucumbers. pp. 175-179, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Hussey, N. W., 1985c. Practical experience with biological control. Whitefly control by parasites. pp. 104-115, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control . The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Hussey, N. W. et C. B. Huffaker, 1976. Spider mites. pp. 179-228, In : V. L. Delucchi (Ed.), Studies in biological control. Cambridge University Press, New York, 304 p.

Hussey, N. W. et N. E. A. Scopes, 1977. The introduction of natural enemies for pest control in glasshouses : ecological consideration. pp. 349-377, In : R. L. Rigway et S. B. Vinson (Eds.), Biological control by augmentation of natural enemies, Plenum Press, New York, 480 p.

Ignoffo, C. M., C. Garcia, O. A. Alyoshina et N. V. Lappa, 1979. Laboratory and field studies with boverin : a mycoinsecticidal preparation of Beauveria bassiana produced in the Soviet Union. J. Econ. Entomol. 72 : 562-565.

Insect Losses Committee, 1988. The economy of insect control on wheat, corn and canola in Canada 1980-1985. Bull. Entomol. Soc. Can. 20. suppl. 22 p.

Iperti, G. et S. Quilici, 1983. Les coccinelles en serres maraîchères. pp. 261-266, In : Acta (Ed.), Faune et flore auxiliaires en agriculture, journées d'études et d'informations, 4 et 5 mai 1983, Paris, 368 p.

Jackson, C. G. et H. M. Graham, 1983. Parasitism of four species of Lygus (Hemiptera : Myridae) by Anaphes ovijentatus (Hymenoptera : Mymaridae) and an evaluation of other possible hosts. Ann. Entomol. Soc. Am. 76 : 772-775.

Jansson, R. K., J. Lashomb, E. Groden et R. Bullock, 1987. Parasitism of Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera : Chrysomelidae) by Edovum puttleri (Hymenoptera : Eulophidae) in different cultivars of egg plant. Entomophaga, 32 : 503-510.

Jansson, R. K. et J. H. Lashomb, 1988. Host-habitat conditioning in the eulophid egg parasitoid, Edovum puttleri : effects of herbivore's host and its food plant. Entomol. Exp. Appl. 46 : 173-180.

Jaques, R. P., 1972a. The inactivation of foliar deposits of viruses of Trichoplusia ni (Lepidoptera : Noctuidae) and Pieris rapae (Lepidoptera : Pieridae) and tests on protectant additives. Can. Entomol. 104 : 1985-1994.

Jaques, R. P., 1972b. Control of the cabbage looper and the imported cabbage worm by viruses and bacteria. J. Econ. Entomol. 65 : 757-760.

Jaques, R. P., 1973. Tests on microbial and chemical insecticides for control of Trichoplusia ni (Lepidoptera : Noctuidae) and Pieris rapae (Lepidoptera : Pieridae) on cabbage. Can. Entomol. 105 : 21-27.

Jaques, R. P., 1974. Occurrence and accumulation of the granulosis virus of Pieris rapae in treated field plots. J. Invertebr. Pathol. 23 : 351-359.

Jaques, R. P., 1977. Field efficacy of viruses infectious to the cabbage looper and imported cabbageworm on late cabbage. J. Econ. Entomol 70 : 111-118.

Jaques, R. P., 1988. Field tests on control of the imported cabbageworm (Lepidoptera : Pieridae) and the cabbage looper (Lepidoptera : Noctudiidae) by mixtures of microbial and chemical insecticides. Can. Entomol. 120 : 575-580.

Jaques, R. P. et Harcourt, D. G., 1971. Viruses of Trichoplusia ni and Pieris rapae in soil in fields of crucifers in southern Ontario. Can. Entomol. 103 : 1285-1290.

Jaques, R. P. et D. R. Laing, 1978. Efficacy of mixtures of Bacillus thuringiensis, viruses and chlordimeform against insects on cabbage. Can. Entomol. 110 : 443-448.

Jaques, R. P. et D. R. Laing, 1987. Protection of potatoes by formulations of Bacillus thuringiensis and furadan. Pesticide Research Report (Agric. Can.) : 101.

Johnson, D. T. et B. A. Croft, 1981. Dispersal of Amblyseius fallacis (Acarina : Phytoseiidae) in an apple ecosystem. Environ. Entomol. 10 : 313-319.

Kanour, W. W. jr. et P. P. Burbutis, 1984. Trichogramma nubilale (Hymenoptera : Trichogrammatidae) field releases in corn and a hypothetical model for control of European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae). J. Econ. Entomol. 77 : 103-107.

Kaya, H. K., 1985. Entomogenous nematodes for insect control in IPM systems. pp. 283-302, In : M. A. Hoy et D. C. Herzog (Eds.), Biological control in agricultural IPM systems, Academic Press, New York, 589 p.

Kelton, L. A., 1975. The Lygus bug (genus Lygus Hahn) of North America (Heteroptera : Miridae). Mem. Entomol. Soc. Can. No 95, 101 p.

Khachatourians, G. K., 1986. Production and use of biological pest control agents. Trends in Biotechnology, 4 : 120-124.

Khalil, S. K., J. Bartos et Z. Landa, 1985. Effectiveness of Verticillium lecanii to reduce populations of aphids under glasshouse and field conditions. Agric. Ecosys. Environ., 12 : 151-156.

King, E. G., K. R. Hopper et J. E. Powell, 1985. Analysis of systems for biological control of crop arthropod pests in the U.S. by augmentation of predators and parasites. pp. 201-228 In : M. A. Hoy et D.C. Herzog (Eds.), Biological control in agricultural IPM systems. Academic Press, New York, 589 p.

Krieg, A., A. M. Huger, G. A. Langenbruch et W. Schnetter, 1983. Bacillus thuringiensis var. tenebrionis ein neuer, gegenüber Larven von Coleopteren wirksaurer Pathotyp. Z. Angew. Entomol. 96 : 500-508.

Läcätusu, M., C. Tudor, I. Teodorescu, M. Suciu, M. Nastasescu, G. Popescu et I. Dinescu, 1984. Recherches sur la faune nuisible et sur celle utile aux cultures successives des serres. Travaux du Museum d'histoire naturelle « Grogore Antipa « 25 : 249-255.

Laing, J. E. et J. E. Corrigan, 1987. Intrinsic competition between the gregarious parasite, Cotesia glomeratus and the solitary parasite Cotesia rubecula (Hymenoptera : Braconidae) for their host, Artogeia rapae (Lepidoptera : Pieridae). Entomophaga, 32 : 493-501.

Langenbruch, G. A., 1981. Methods of microbial and mechanical control of Ostrinia nubilalis. Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent 46 : 429-436.

Langenbruch, G. A., A. Krieg et A. M. Huger, 1985. First results of field trials with Bacillus thuringiensis var. tenebrios to control larvae of the Colorado beetle (Leptinotarsa decemlineata). Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent 50 : 441-449.

Lashomb, J., Y. S. Ng, R. K. Jansson et R. Bullock, 1987b. Edovum puttieri (Hymenoptera : Eulophidae), an egg parasitoid of Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) : development and parasitism on egg plant. J. Econ. Entomol. 80 : 65-68.

Lashomb, J., D. Krainacker, R. K. Jansson, Y. S. Ng et R. Chianese, 1987a. Parasitism of Leptinotarsa decemlineata (Say) eggs by Edovum putleri Grissell (Hymenoptera : Eulophidae) : effects of host age, parasitoid age and temperature. Can. Entomol. 119 : 75-82.

Lasota, J. A. et L. T. Kok, 1986a. Larval density effects on pupal size and weight of the imported cabbageworm (Lepidoptera : Pieridae), and their suitability as hosts for Pteromalus puparum (Hymenoptera : Pteromalidae). Environ. Entomol. 15 : 1234-1236.

Lasota, J. A. et L. T. Kok, 1986b. Parasitism and utilization of imported cabbageworm pupae by Pteromalus puparum (Hymenoptera : Pteromalidae). Environ. Entomol. 15 : 994-998.

Lasota, J. A. et L. T. Kok, 1986c. Refrigeration for maintenance of Pteromalus puparum (L.) (Hymenoptera : Pteromalidae) adult parasites. Can. Entomol. 118 : 597-600.

Latgé, J. P., P. Silvie, B. Papierok, G. Remaudière, C. A. Dedryver et J. M. Rabasse, 1982. Advantages and disadvantages of Conidiobolus obscurus and of Erynia neoaphidis in the biological control of aphids. pp. 20-32, In : R. Cavalloro (Ed.), Aphid antagonists, A. A. Balkema, Rotterdam, 143 p.

Létourneau, D. K. et M. A. Altieri, 1983. Abundance patterns of a predator, Orius tristicolor (Hemiptera : Anthocoridae), and its prey, Frankliniella occidentalis (Thysanoptera : Thripidae) : habitat attraction in polycultures versus monocultures. Environ. Entomol. 12 : 1464-1469.

Levin, D. B. et J. E. Laing, 1979. Transmission of granulosis virus by Apanteles glomeratus to its host Pieris rapae. J. Invertebr. Pathol. 34 : 317-318.

Levin, D. B., J. E. Laing, R. P. Jaques et J. E. Corrigan, 1983. Transmission of the granulosis virus of Pieris rapae (Lepidoptera : Pieridae) by the parasitoid Apanteles glomeratus (Hymenoptera : Braconidae). Environ. Entomol. 12 : 166-170.

Levin, D. B., J. E. Laing et R. P. Jaques, 1981. Interactions between Apanteles glomeratus (L.) (Hymenoptera : Braconidae) and granulosis virus in Pieris rapae (L.) (Lepidoptera : Pieridae). Environ. Entomol. 10 : 65-68.

Lewis, L. C., 1982. Persistence of Nosema pyrausta and Vairimorpha necatrix measured by microsporidiosis in the European corn borer. J. Econ. Entomol. 75 : 670-674.

Lewis, L. C. et T. B. Johnson, 1982. Efficacy of two nuclear polyhedrosis viruses against Ostrinia nubilalis (Lep. : Pyralidae) in the laboratory and field. Entomophaga, 27 : 33-38.

Lewis, L. C., J. Lublinkhof, E. C. Berry et R. D. Gunnarson, 1982 b. Response of Ostrinia nubilalis (Lep. : Pyralidae) infected with Nosema pyrausta (Microsporida : Nosematidae) to insecticides. Entomophaga, 27 : 211-218.

Lim, K. P. et R. K. Stewart, 1976. Parasitism of the tarnished plant bug, Lygus lineolaris (Hemiptera : Miridae), by Peristenus pallipes et P. pseudopallipes (Hymenoptera : Braconidae). Can. Entomol. 108 : 601-608.

Lipa, J. J., 1985. History of biological control in protected culture. Eastern Europe. pp. 23-29, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Loria, R., S. Galaini et D. W. Roberts, 1983. Survival of inoculum of the enthomopathogenic fungus Beauveria bassiana as influenced by fungicides. Environ. Entomol. 12 : 1724-1726.

Lublinkhof, J. et L. C. Lewis, 1980. Virulence of Nosema pyrausta to the European corn borer when used in combination with insecticides. Environ. Entomol. 9 : 67-71.

Lynch, R. E., L. C. Lewis, E. C. Berry et J. F. Robinson, 1977. European corn borer : granular formulations of Bacillus thuringiensis for control. J. Econ. Entomol. 70 : 389-391.

Lynch, R. E., L. C. Lewis et E. C. Berry, 1980. Application efficacy and field persistence of Bacillus thuringiensis when applied to corn for European corn borer control. J. Econ. Entomol. 73 : 4-7.

Lyon, J.-P., 1983. Les prédateurs auxiliaires de l'agriculture. pp. 35-38, In : Acta (Ed.), Faune et flore auxiliaires en agriculture, journées d'études et d'informations, 4 et 5 mai 1983, Paris, 368 p.

Mackauer, M. et M. J. May, 1976. Myzus persicae Sulz., an aphid of world importance. pp. 51-120 In : V. L. Delucchi (Ed.), Studies in biological control, Cambridge University Press, London, 304 p.

MacVean, C. M., J. W. Brewer et J. L. Capinera, 1982. Field tests of antidesiccants to extend the infection period of an entomogenous nematode, Neoaplectana carpocapsae, against the Colorado potato beetle. J. Econ. Entomol. 75 : 97-101.

Markkula, M. et K. Tiittanen, 1985. Biology of pests and natural enemies. Biology of the midge Aphidoletes and its potential for biological control. pp. 74-81, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Martel, P., 1987. Chemical control and resistance development in potato pests. pp. 173-183, In : G. Boiteau, R. P. Singh et R. H. Parry (Eds.), Potato pest management in Canada /Lutte contre les parasites de la pomme de terre au Canada, Proc. Symp. « Improving potato pest protection ». Entente Canada /N.-B. sur le développement du secteur agro-alimentaire, Fredericton, N.-B., 354 p.

Martel, P. et J. Belcourt, 1985. Essais d'insecticides. Pesticide Research Report (Agric. Can.) :110.

McCaffrey, J. P. et R. L. Horsburgh, 1986a. Functional response of Orius insidiosus (Hemiptera : Anthocoridae) to the European red mite, Panonychus ulmi (Acari : Tetranychidae), at different constant temperatures. Environ. Entomol. 15 : 532-535.

McCaffrey, J. P. et R. L. Horsburgh, 1986b. Biology of Orius insidiosus (Heteroptera : Anthocoridae) : a predator in Virginia apple orchards. Environ. Entomol. 15 : 984-988.

McClanahan, R. J., 1971. Tetranychus urticae (Koch), two-spotted spider mite (Acarina : Tetranychidae). pp. 49-50, In : CIBC 1971. Biological control programmes against insects and weeds in Canada 1959-1968. Tech. Comm. No 4. Commonw. Agric. B., Farnham Royal, 266 p.

McClanahan, R. J., 1971. Trialeurodes vaporariorum (Westwood), greenhouse whitefly. pp. 57-59, In : CIBC (Eds.), Biological control programmes against insects and weeds in Canada 1959-1968, CAB, Farnham Royal, 266 p.

McClanahan, R. J., 1980. Why has integrated control practice levelled off in Canada ? pp. 141-144, In : Working group integrated control in glasshouses. Proc. 4th Meeting. Bull. S.R.O.P./W.P.R.S. 1980 III/3, Organisation internationale de lutte biologique, 257 p.

McClanahan, R. J., 1984. Trialeurodes vaporariorum (Westwood), greenhouse whitefly (Homoptera : Aleyrodidae). pp. 89-91, In : J. S. Kelleher et M. A. Hulmes (Eds.), Biological control programmes against insects and weeds in Canada 1969-1980, CAB, Farnham Royal, 410 p.

McClanahan, R. J., 1984. Tetranychus urticae Koch, two-spotted spider mite (Acarina : Tetranychidae). pp. 77-78, In : J. S. Kelleher et M. A. Hulmes (Eds.), Biological control programmes against insects and weeds in Canada 1969-1980, CAB, Farnham Royal, 410 p.

McPherson, S. A., F. J. Perlak, R. L. Fuchs, P. G. Marrone, P. B. Lavrik et D. A. Fischhoff, 1988. Characterization of the coleopteran-specific protein gene of Bacillus thuringiensis tenebrionis. Bio/Technology 6 : 61-66.

Meadow, R. H., W. C. Kelly et A. M. Shelton, 1985. Evaluation of Aphidoletes aphidimyza (Dip. : Cecidomyiidae) for control of Myzus persicae (Hom. : Aphididae) in greenhouse and field experiments in the United States. Entomophaga, 30 : 385-392.

Miller, L. K., A. J. Lingg et L. A. Bulla jr., 1983. Bacterial, viral and fungal insecticides. Science 219 : 715-721.

Mishra , S. K., J. E. Keller, J. R. Miller, R. M. Heisey, M. G. Nair et A. R. Putnam, 1987. Insecticidal and nematicidal properties of microbial metabolites. J. Industr. Microbiol. 2 : 267-276.

Mohd-Salleh, M. B. et L. C. Lewis, 1982a. Toxic effects of spore/crystal ratios of Bacillus thuringiensis on European corn borer larvae. J. Invertebr. Pathol. 39 : 290-297.

Mohd-Salleh, M. B. et L. C. Lewis, 1982b. Feeding deterrent response of corn insects to ß-exotoxin of Bacillus thuringiensis. J. Invertebr. Pathol. 39 : 323-328.

Mohd-Salleh, M. B. et L. C. Lewis, 1983. Comparative effects of spore-crystal complexes and thermostable exotoxins of six subspecies of Bacillus thuringiensis on Ostrinia nubilalis (Lepidoptera : Pyralidae). J. Invertebr. Pathol. 41 : 336-340.

Morris, O. N., 1985. Susceptibility of 31 species of agricultural insect pests to the entomogenous nematodes Steinernema feltiae and Heterorhabditis bacteriophora. Can. Entomol. 117 : 401-407.

Morris O. N., J. C. Cunningham, J. R. Finney-Crawley, R. P. Jaques et G. Kinoshita, 1986. Microbial insecticides in Canada : their registration and use in apiculture, forestry and public and animal health. Report Special Comm., Science Policy Comm. ESC. Bull. Entomol. Soc. Can. 18 supplement, 43 p.

Morris, D. E. et C. Cloutier, 1987. Biology of the predatory fly Coenosia tigrina (Fab.) (Diptera : Anthomyiidae) : reproduction, development, and larval feeding on earthworms in the laboratory. Can. Entomol. 119 : 381-393.

Naranjo, S. E. et D. C. Steinkraus, 1988. Discovery of an entomophthoralean fungus (Zygomycetes : Entomophthorales) infecting adult northern corn rootworm, Diabrotica barberi (Coleoptera : Chrysomelidae). J. Invertebr. Pathol. 51 : 298-300.

Navon, A. et V. Melamed-Madjar, 1986. Screening of Bacillus thuringiensis preparations for microbial control of Ostrinia nubilalis in sweet corn. Phytoparasitica 14 : 111-117.

Neal, J. W. jr., R. K. Lindquist, K. M. Gott et M. L. Casey, 1987. Activity of the thermostable ß-exotoxin of Bacillus thuringiensis Berliner on Tetranychus urticae and T. cinnabarinus. J. Agric. Entomol. 4 : 33-40.

Nealis, V. G., 1985. Diapause and the seasonal ecology of the introduced parasite Cotesia (Apanteles) rubecula. Can. Entomol. 117 : 333-342.

Neuffer, G., 1982a. The use of Trichogramma evanescens Westw. in sweet corn fields. A contribution to the biological control of the European corn borer Ostrinia nubilalis Hbn. in southwest Germany. pp. 231-237, In : INRA (Ed.),Les trichogrammes (Les Colloques de l'INRA), INRA, Paris, 307 p.

Neuffer, G., 1982b. Elaboration of a catalogue of caracteristics pertinent to quality control in Trichogramma evanescens Westw. used as control agent against Ostrinia nubilalis. pp.191-192, In : INRA (Ed.), Les trichogrammes (Les Colloques de l'INRA),INRA, Paris, 307 p.

Nolting, S. P. et F. L. Poston, 1982. Application of Bacillus thuringiensis through center-pivot irrigation systems for control of the southwestern corn borer and European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae). J. Econ. Entomol. 75 : 1069-1073.

Nordlund, D. A., 1984. Biological control with entomophagous insects. J. Georgia Entomol. Soc. 19 suppl. 2 : 14-27.

Oatman, E. R., J. A. McMurtry et V. Voth, 1968. Suppression of the two-spotted spider mite on strawberry with mass releases of Phytoseiulus persimilis. J. Econ. Entomol. 61 : 1517-1521.

Obrycki, J. J., M. J. Tauber et W. M. Tingey, 1986. Comparative toxicity of pesticides to Edovum puttleri (Hymenoptera : Eulophidae), an egg parasitoid of the C. P. B. (Coleoptera : Chrysomelidae). J. Econ. Entomology 79 : 948-951.

Obrycki, J. J., M. J. Tauber, C. A. Tauber et B. Gollands, 1985. Edovum puttleri (Hymenoptera : Eulophidae), an exotic egg parasitoid of the Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) : responses to temperate zone conditions and resistant potato plants. Environ. Entomol. 14 : 48-54.

Onillon, J. C., J.-C. Maisonneuve et J. Miquel, 1983. Influence des conditions de milieu sur l'emploi et l'efficacité des auxiliaires en cultures maraîchères. pp. 251-254, In : Acta (Ed.), Faune et flore auxiliaires en agriculture, journées d'études et d'informations, 4 et 5 mai 1983, Paris, 368 p.

Onillon, J. C., 1986. La lutte biologique contre les ravageurs des parties aériennes sous serre. pp. 59-78, In : L'emploi d'ennemis naturels dans la protection des cultures, Colloques de l'INRA, no 34, Paris, 198 p.

Osborne, L. S., 1981. Utility of physiological time in integrating chemical and biological control of greenhouse whitefly. Environ. Entomol. 10 : 885-888.

Osborne, L. S., 1984. Soap spray : an alternative to a conventional acaricide for controlling the two-spotted spider mite (Acari : Tetranychidae) in greenhouses. J. Econ. Entomol. 77 : 734-737.

Osborne, L. S. et F. L. Petitt, 1985. Insecticidal soap and the predatory mite, Phytoseiulus persimilis (Acari : Phytoseiidae), used in management of the two-spotted spider mite (Acari : Tetranychidae) on greenhouse grown foliage plants. J. Econ. Entomol. 78 : 687-691.

Paradis. R. O., 1955. Cycle évolutif du tétranyque à deux points, Tetranychus bimaculatus Harvey (Acari : Tetranychidae) dans le sud-ouest du Québec. Nat. Can. 82 :5-30.

Parella, M. P., 1988. Biological method yields unbeatable thrips control. Greenhouse Manager. March : 149.

Parella, M. P., 1988. There is not just one, but several culprits attacking world crops. Greenhouse Manager. March : 80-88.

Parella, M. P., J. P. McCaffrey et R. L. Horsburgh, 1981. Population trends of selected phytophagous arthropods and predators under different pesticide programs in Virginia apple orchards. J. Econ. Entomol. 74 : 492-498.

Parent, B., 1963. Le problème du tarsonème du fraisier, Steneotarsonemus (Tarsonemus) pallidus (Banks), dans le sud-ouest du Québec. Ann. Soc. Entomol. Québec 8 : 97-102.

Parent, B., 1967. Population studies of phytophagous mites and predators on apple in southwestern Québec. Can. Entomol. 99 : 771-778.

Parent, B. et A. A. Beaulieu, 1957. Life-history of the European red mite. Can. Entomol. 89 : 328-333.

Parent, B. et F. T. Lord, 1971. Panonychus ulmi (Koch), European red mite, (Acarina : Tetranychidae) and other phytophagous mites on fruit trees in Canada. pp. 28-30. In : Biological control programs against insects and weeds in Canada, 1958-1968. Tech. Commun. CIBC, 4.

Parker, F. D., F. R. Lawson et R. E. Pinnell, 1971. Suppression of Pieris rapae using a new control system : mass releases of both the pest and its parasites. J. Econ. Entomol. 64 : 721-735.

Parker, F. D. et R. E. Pinnell, 1972. Effectiveness of Trichogramma sp. in parasitizing eggs of Pieris rapae and Trichoplusia ni. 1. Fields studies. Environ. Entomol. 1 : 785-789.

Payne, C. C., 1987. Current uses and future prospects for microbial pest control agents. Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent 52 : 113-123.

Payne, C. C., G. M. Tatchell et C. F. Williams, 1981. The comparative susceptibilities of Pieris brassicae and P. rapae to a granulosis virus from P. brassicae. J. Invertebr. Pathol. 38 : 273-280.

Pelletier, Y, et R. R. King, 1987. Semiochemicals and potato pests : review and perspective for crop protection. pp. 146-172, In : G. Boiteau, R. P. Singh et R. H. Parry (Eds.), Potato pest management in Canada / Lutte contre les parasites de la pomme de terre au Canada, Proc. Symp. « Improving potato pest protection ». Entente Canada/N.-B. sur le développement du secteur agro-alimentaire, Fredericton, N.-B., 354 p.

Perron, J. P., 1971. Insect pests of carrots in organic soils of southwestern Québec with special reference to the carrot weevil, Listronotus oregonensis (Coleoptera : Curculionidae). Can. Entomol. 103 : 1441-1448.

Perron, J. P., 1972. Effects of some ecological factors on populations of the onion maggot, Hylemya antiqua (Meig.), under field conditions in southwestern Québec. Ann. Soc. Entomol. Qué. 17 : 20-47.

Pitblado, R. E., 1985. Screening of insecticides for the control of Colorado potato beetles on potatoes. Pesticide Research Report (Agric. Can.) :112.

Plotnikov, V. F., 1979. Efficacité de l'utilisation d'insectes aphidiphages pour la protection des cultures maraîchères sous verre. pp. 59-66, In : INRA (Ed.), Lutte biologique et intégrée contre les pucerons, Colloque franco-soviétique, Rennes 26-27 sept., Paris, 79 p.

Poinar, G. O. jr., 1979. Nematodes for biological control of insects. CRC Press, Boca Raxon, Florida, 277 p.

Poinar, G. O. jr., 1983. Recent developments in the use of nematodes in the control of insect pests. pp. 751-758. In : 10th International Congress of Plant Protection, Vol. 2, The Lavenham Press Limited, Lavenham, Suffolk, 3 vols. 1228 p.

Poinar, G. O. jr., J. S. Evans et E. Schuster, 1983. Field test of the entomogenous nematode, Neoaplectana carpocapsae, for control of corn rootworm larvae (Diabrotica sp., Coleoptera). Prot. Ecol. 5 : 337-342.

Poinar, G. O. jr. et G. M. Thomas, 1985. Laboratory guide to insect pathogens and parasites. Plenum Press, New York, 392 p.

Poprawski, T. J., P.-H. Robert, I. Majchrowicz et G. Boivin, 1985a. Susceptibility of Delia antiqua (Diptera : Anthomyiidae) to eleven isolates of entomopathogenic hyphomycetes. Environ. Entomol. 14 : 557-561.

Poprawski, T. J., P.-H. Robert et N. K. Maniania, 1985b. Susceptibility of the onion maggot, Delia antiqua (Diptera : Anthomyiidae), to the mycotoxin destruxin E. Can. Entomol. 117 : 801-802.

Pralavorio, M., P. Jourdheuil et P. Millot, 1975. Essais d'utilisation de l'acarien prédateur Phytoseiulus persimilis contre les tétranyques sur diverses cultures florales et maraîchères en serre. Ann. Zool.- Ecol. Anim. 7 : 211-226.

Pralavorio, M., P. Millot et D. Fournier, 1983. Influence des conditions de milieu sur l'installation et l'utilisation de Phytoseiulus persimilis en serre de rosiers. pp. 249-250, In : Acta (Ed.), Faune et flore auxiliaires en agriculture, journées d'études et d'informations, 4 et 5 mai 1983, Paris, 368 p.

Pralavorio, M., P. Millot et D. Fournier, 1985. Practical experience with biological control. Biological control of greenhouse spider mites in southern France. pp. 125-128, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Quilici, S., G. Iperti et J. M. Rabasse, 1985. Essais de lutte biologique en serre d'aubergine à l'aide d'un prédateur aphidiphage : Propylea quatuordecimpunctata L. (Coleoptera : Coccinellidae). Frustula Entomol. 708 : 9-25.

Rabasse, J. M., 1983. Potentialités des hyménoptères parasites pour la lutte contre les pucerons en serre. pp. 267-271, In : Acta (Ed.), Faune et flore auxiliaires en agriculture, journées d'études et d'informations, 4 et 5 mai 1983, Paris, 368 p.

Rabasse, J. M., C.-A. Dedryver et J.-P. Latgé, 1983. Potentialités des Entomophtorales pour la lutte contre les pucerons en serre. pp. 273-277, In : Acta (Ed.), Faune et flore auxiliaires en agriculture, journées d'études et d'informations, 4 et 5 mai 1983, Paris, 368 p.

Rabasse, J. M., I.J. Wyatt, 1985. Biology of pests and natural enemies. Biology of aphids and their parasites in greenhouses. pp. 66-73, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Ramakers, P. M. J. et R. A. Samson, 1984. Aschersonia aleyrodis, a fungal pathogen of whitefly. Z. Angew. Entomol. 97 : 1-8.

Ramakers, P. M. J. et M. J. van Lieburg, 1982. Start of commercial production and introduction of Amblyseius mackenziei for the control of Thrips tabaci on glasshouses. Meded. Rijksfac. Landb. Gent 47 : 541-545.

Raworth, D. A., 1986. An economic threshold function for the two-spotted spider mite, Tetranychus urticae (Acari : Tetranychidae) on strawberries. Can. Entomol. 118 : 9-16.

Raworth, D. A., 1988. Phytoseiulus persimilis a predator of the two-spotted spider mite. Bio-Control News/Nouvelles en lutte biologique. Agric. Can. p. 29.

Riba, G., 1983. Lutte microbiologique contre les aleurodes des serres à l'aide d'hyphomycètes entomopathogènes. pp. 279-282, In : Acta (Ed.), Faune et flore auxiliaires en agriculture, journées d'études et d'informations, 4 et 5 mai 1983, Paris, 368 p.

Riba, G., 1984. Application en essais parcellaires de plein champ d'un mutant artificiel du champignon entomopathogène Beauveria bassiana (hyphomycète) contre la pyrale du maïs, Ostrinia nubilalis (Lep. : Pyralidae). Entomophaga, 29 : 41-48.

Riba, G. et L. Entcheva, 1984. Influence de l'hygrométrie ambiante sur l'agressivité comparée de plusieurs hyphomycètes entomopathogènes à l'égard de l'aleurode des serres Trialeurodes vaporariorum (Westw). C. R. Acad. Agric. Fr. 70 : 521-526.

Riba, G., S. Marcandier, G. Richard et I. Larget, 1983. Sensibilité de la pyrale du maïs (Ostrinia nubilalis) (Lep. : Pyralidae) aux hyphomycètes entomopathogènes. Entomophaga, 28 : 55-64

Riba,G. et S. Marcandier 1984. Influence de l'humidité relative sur l'agressivité et la viabilité des souches de Beauveria bassiana (Bals.) Vuillemin et de Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sorokin, hyphomycètes pathogènes de la pyrale du maïs, Ostrinia nubilalis Hübn. Agronomie, 4 : 189-194.

Ridgway, R. L., E. G. King et J. L. Carillo, 1977. Augmentation of natural enemies for control of plant pests in the western hemisphere. pp. 379-416. In : R. L. Ridgway et S. B. Vinson (Eds.), Biological control by augmentation of natural enemies, Plenum Press, New York, 480 p.

Ridgway, R. L. et S. B. Vinson (Eds.), 1977. Biological control by augmentation of natural enemies. Insect and mite control by parasites and predators. Plenum Press, New York, 480 p.

Roberts, D. W., R. A. Lebrun et M. Semel, 1980. Control of the Colorado potato beetle with fungi. pp. 118-137, In : J. H. Lashomb et R. Casagrande (Eds.), Advances in potato pest management, Hutchinson Ross, Stroudsburg, 288 p.

Roush, R. T. et M. A. Hoy, 1981. Laboratory, glasshouse, and field studies of artificially selected carbaryl resistance in Metaseiulus occidentalis. J. Econ. Entomol. 74 : 142-147.

Ruberson, J. R., M. J. Tauber et C. A. Tauber, 1987. Biotypes of Edovum putleri (Hymenoptera : Eulophidae) : responses to developping eggs of the Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 80 : 451-455.

Rutherford, T. A., D. Trotter et J. M. Webster, 1987. The potential of heterorhabditid nematodes as control agents of root weevils. Can. Entomol. 119 :67-73.

Samsinakova, A. et S. Kalalova, V. Vlcek et J. Kybal, 1981. Mass production of Beauveria bassiana for regulation of Leptinotarsa decemlineata populations. J. Invertr. Pathol. 3 : 169-174.

Samson, R. A. et M. C. Rombach, 1985. Biology of pests and natural enemies. Biology of the fungi Verticillium and Aschersonia. pp. 34-42, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Sandlan, K. P., R. L. Jones et H. C. Chiang 1983. Influence of density of the European corn borer, Ostrinia nubilalis, (Lepidoptera : Pyralidae) on the parasitoid Lydella thompsoni (Diptera : Tachinidae). Environ. Entomol. 12 : 174-177.

Schlinger, E. I. et M. Mackauer, 1963. Identity, distribution, and hosts of Aphidius matricariae Holiday, an important parasite of the green peach aphid, Myzus persicae (Hymenoptera : Aphidiidae-Homoptera : Aphididae). Ann. Entomol. Soc. Am. 56 : 648-653.

Schroder, R. F. W., M. M. Athanas et B. Puttler, 1985. Propagation of the Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) egg parasite Edovum puttleri (Hymenoptera : Eulophidae). Entomophaga, 30 : 69-72.

Scopes, N. E. A., 1985. Biology of pests and natural enemies. Red spider mite and the predator Phytoseiulus persimilis. pp.43-52, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Searle, T. et W. N. Yule, 1988. Fungal control of the carrot weevil, Listronotus oregonensis. p. 262, In : Abstracts and author index. Proceeding XVIII, International Congress of Entomology, Vancouver, B.C., 499 p.

Sears, M. K., 1987. Significance of parasitoids in control of insect pests of potatoes. pp. 173-200, In : G. Boiteau, R. P. Singh et R. H. Parry (Eds.), Potato pest management in Canada/Lutte contre les parasites de la pomme de terre au Canada, Proc. Symp. « Improving potato pest protection ». Entente Canada/N.-B. sur le développement du secteur agro-alimentaire, Fredericton N.-B., 354 p.

Sears, M. K. et R. R. McGraw, 1987. Control of Colorado potato beetles with foliar aphid insecticides on potatoes. Pesticides Research Report (Agric. Can.) : 104.

Sechser, B., P. Thueler et A. Bachmann, 1984. Observations on population levels of the European red mite (Acarina : Tetranychidae) and associated arthropod predator complexes in different spray programs over a 5-year period. Environ. Entomol. 13 : 1577-1582.

Siegel, J. P., J. V. Maddox et W. G. Ruesink, 1986a. Impact of Nosema pyrausta on a braconid, Macrocentrus grandii, in Central Illinois. J. Invertebr. Pathol. 47 : 271-276.

Siegel, J. P., J. V. Maddox et W. G. Ruesink, 1986b. Lethal and sublethal effects of Nosema pyrausta on the European corn borer (Ostrinia nubilalis) in Central Illinois. J. Invertebr. Pathol. 48 : 167-173.

Smith, M. A., 1988. Advances in biocontrol of western flower thrips. Bio-Control News / Nouvelles en lutte biologique. Agric. Can. 1 : 33.

Smith, S. M. et M. Hubbes, 1986. Strains of the egg parasitoid Trichogramma minutum Riley II. Utilization for release against the spruce budworm. Z. Angew. Entomol. 102 : 81-93.

Steiner, M. Y., 1985. Evaluation of floor sprays for thrips control in greenhouse cucumbers. Pesticide Research Report (Agric. Can.) p. 203.

Stenseth, C., 1979. Effect of temperature and humidity on the development of Phytoseiulus persimilis and its ability to regulate populations of Tetranychus urticae (Acarina : Phytoseiidae, Tetranychidae). Entomophaga, 24 : 311-317.

Stenseth, C., 1985a. Biology of pests and natural enemies. Whitefly and its parasite Encarsia formosa. pp. 30-33, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological Pest Control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Stenseth, C., 1985b. Practical experience with biological control. Red spider mite control by Phytoseiulus in northern Europe. pp. 119-124, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological Pest Control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Stevenson, A. B., 1976. Seasonal history of the carrot weevil, Listronotus oregonensis (Coleoptera : Curculionidae) in the Holland marsh, Ontario. Proc. Entomol. Soc. Ontario. 107 : 71-78.

Strickler, K. et B. A. Croft, 1982. Selection for permethrin resistance in the predatory mite Amblyseius fallacis. Entomol. Exp. Appl. 31 : 339-345.

Sunderland, K. D. et R. J. Chambers, 1983. Invertebrate polyphagous predators as pest control agents : some criteria and methods. pp. 100-108 In : R. Cavalloro (Ed.), Aphid antagonists. Commission des Communautés Européennes, Bruxelles, 143 p.

Takada, H., 1986. Genotypic composition and insecticide resistance of Japanese populations of Myzus persicae (Sulzer) (Hom., Aphididae). Z. angew. Entomol. 102 : 19-38.

Tatchell, G. M., 1981. The effects of a granulosis virus infection and temperature on the food consumption of Pieris rapae (Lep. : Pieridae). Entomophaga, 26 : 291-299.

Tatchell, G. M. et C. C. Payne, 1984. Field evaluation of a granulosis virus for control of Pieris rapae (Lep. : Pieridae) in the United Kingdom. Entomophaga, 29 : 133-144.

Thompson, L. S., J. G. Stewart et J. E. Lund, 1987. The effect of timing of application on control of Colorado potato beetles with an insect growth regulator and with a bacterial insecticide 1987. Pesticide Research Report (Agric. Can.) : 107-108.

Toba, H. H., J. E. Lindergren, J. E. Turner et P. V. Vait, 1983. Susceptibility of the Colorado potato beetle and the sugar-beet wireworm to Steinernema feltiae and S. glaseri. J. Nematol. 15 : 597-601.

Tolman, J. H., D. G. R. McLeod et C. R. Harris, 1986. Yield losses in potatoes, onions and rutabagas in southeastern Ontario, Canada - the case for pest control. Crop Protect. 5 : 227-237.

Tomlin, A. D., J. J. Miller, C. R. Harris et J. H. Tolman, 1985. Arthropod parasitoids and predators of the onion maggot (Diptera : Anthomyiidae) in southwestern Ontario. J. Econ. Entomol. 78 : 975-981.

Tu, C. M. et C. R. Harris, 1988. A description of the development and pathogenicity of Entomophthora muscae (Cohn) in the onion maggot, Delia antiqua (Meigen). Agric. Ecosys. Environ. 20 : 143-146.

Tyler, B. M. J. et C. R. Ellis, 1979. Ground beetles in three tillage plots in Ontario and observations on their importance as predators of the northern corn rootworm, Diabrotica longicornis (Coleoptera : Chrysomelidae). Proc. Entomol. Soc. Ont. 110 : 65-73.

van de Veire, M. et V. Vacante, 1984. Greenhouse whitefly control through the combined use of the colour attraction system with the parasite wasp Encarsia formosa (Hym. : Aphelinidae). Entomophaga, 29 : 303-310.

van Lenteren, J. C. et J. Woets, 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Annu. Rev. Entomol. 33 : 239-269.

van Driesche, R. G. et T. S. Bellows jr., 1988. Host and parasitoid recrutment for quantifying losses from parasitism with reference of Pieris rapae and Cotesia glomerata. Ecol. Entomol. 13 : 215-222.

van Driesche, R. G., 1988. Field measurement of population recrutment of Apanteles glomeratus (L.) (Hymenoptera : Braconidae), a parasitoid of Pieris rapae (L.) (Lepidoptera : Pieridae), and factors influencing adult parasitoid foraging success in kale. Bull. Entomol. Res. 78 : 199-208.

van Dijken, M. J. , M. Kole, J. C. van Lenteren et A. M. Brand, 1986. Host-preference studies with Trichogramma evanescens Westwood (Hym. : Trichogrammatidae) for Mamestra brassicae, Pieris brassicae and Pieris rapae. J. Appl. Entomol.101 : 64-85.

Wackers, F. L., I. J. M. De Groot, L. P. J. J. Noldus et S. A. Hassan, 1987. Measuring host preference of Trichogramma egg parasites : an evaluation of direct and indirect methods. Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent 52 : 339-348.

Wardlow, L.R., A. B. Ludlam et R.P. Hammon, 1975. A comparison of the effectiveness of insecticides against the glasshouse whitefly, Trialeurodes vaporariorum. Ann. Appl. Biol. 81 : 433-435.

Wearing, C. H., J. T. S. Walker, E. Collyer et W. P. Thomas, 1978. Integrated control of apple pests in New Zealand and commercial assessment of an integrated control programme against European red mite using an insecticide-resistant predator. N. Z. J. Zool. 5 : 823-837.

Webster, J. M., 1980. Biocontrol : the potential of entomophilic nematodes in insect management. J. Nematol. 12 : 270-278.

Welbourn, W. C. et O. P. Young, 1987. New genus and species of Erythraeinae (Acari : Erythraeidae) from Mississippi with a key to the genera of North American Erythraeidae. Ann. Entomol. Soc. Am. 80 : 230-242.

Whistlecraft, J. W., C. R. Harris, J. H. Tolman et A. D. Tomlin, 1985. Mass-rearing technique for Aleochara bilineata (Coleoptera : Staphylinidae). J. Econ. Entomol. 78 : 995-997.

Whistlecraft, J. W., C. R. Harris, A. D. Tomlin et J. H. Tolman, 1984. Mass rearing technique for a braconid parasite Aphaereta pallipes (Say) (Hymenoptera : Braconidae). J. Econ. Entomol. 77 : 814-816.

Wilding, N., 1983. The current status and potentiel of entomogenous fungi as agents of pest control. pp. 743-750, In : 10th International Congress of Plant Protection, Vol. 2, The Lavenham Press Limited, Lavenham, Suffolk, 3 vols. 1228 p.

Wilding, N. et G. Latteur, 1987. The Entomophtorales problems relative to their mass production and their utilisation. Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent 52 : 159-164.

Williams, C. E., 1987. Exploitation of eggs of the Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera : Chrysomelidae), by the exotic egg parasitoid Edovum puttleri (Hymenoptera : Eulophidae) in egg plant. Great Lakes Entomol. 20 : 181-186.

Winnie, W. V. et H. C. Chiang, 1982. Seasonal history of Macrocentrus grandii (Hym : Braconidae) and Eriborus terebrans (Hym : Ichneumonidae), two parasitoids of the European corn borer, Ostrinia nubilalis (Lep. : Pyralidae). Entomophaga 27 : 183-188.

Woets, J. et J. C. van Lenteren, 1976. The parasite-host relationship between Encarsia formosa (Hymenoptera : Aphelinidae) and Trialeurodes vaporariorum (Homoptera : Aleyrodidae). Bull. SROP, 4 : 151-164.

Wraight, S. P. et D. W. Roberts, 1987. Insect control effort with fungi. pp. 77-87, In : G. Pierce (Ed.), Vol. 28 Developments in industrial microbiology, supplement no 2. Symposia of the forty-third general meeting of the society for industrial microbiology, San Francisco, California, 11-15 August 1986, 181 p.

Wyatt, I. J., 1985. Practical experience with biological control. Aphid control by parasites. pp. 134-137, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Yano, E., 1987. Control of the greenhouse whitefly Trialeurodes vaporariorum Westwood (Homoptera : Aleyrodidae) by the integrated use of yellow sticky traps and the parasite Encarsia formosa Gahan (Hymenoptera : Aphelinidae). Appl. Entomol. Zool. 22 :159-165.

Yazlovetskij, I. G. et A. M. Nepomnyashchaya, 1979. Essai d'élevage massif de Chrysopa carnea sur milieux artificiels micro-encapsulés et de son application dans la lutte contre les pucerons en serre. pp. 51-58. In : INRA (Ed.), Lutte biologique et intégrée contre les pucerons, Colloque franco-soviétique, Rennes, 26-27 sept., Paris, 79 p.

Young, O. P. et T. C. Lockley, 1985. The striped lynx spider, Oxyopes salticus (Aranea : Oxyopidae), in agro-ecosystems. Entomophaga, 30 : 329-346.

Young, O. P. et T. C. Lockley, 1986. Predation of striped lynx spider, Oxyopes salticus (Aranea : Oxyopidae), on tarnished plant bug, Lygus lineolaris (Heteroptera : Miridae) : a laboratory evaluation. Ann. Entomol. Soc. Am. 79 : 879-833.

Young, O. P. et W. C. Welbourn, 1987. Biology of Lasioerythraeus jonstoni (Acari : Erythraeidae), ectoparasitic and predaceous on the tarnished plant bug, Lygus lineolaris (Hemiptera : Miridae), and other arthropods. Ann. Entomol Soc. Am. 80 : 243-250.

Zimmermann, G., 1983. Biological control of aphids by entomopathogenic fungi : Present state and prospects. pp. 33-40, In : R. Cavalloro (Ed.), Aphid antagonists, A. A. Balkema, Rotterdam, 143 p.

ANNEXE A

Description des agents biologiques

1. Entomophages microbiens

Virus

Les virus pathogènes, d'insectes considérés comme agents biologiques de lutte, sont des baculovirus (Khachatourians, 1986 ; Miller et al., 1983 ; Dougherty, 1986 ; Granados et Federici, 1986a, b). Les mieux connus causent des maladies appelées polyhédroses nucléaires (NPV) ou granuloses (GV), selon le type de particules virales élaborées dans les tissus infectés lors de la réplication du virus. Pour désigner un virus en particulier, on ajoute à l'acronyme NPV ou GV, les initiales de l'espèce d'insecte chez laquelle le virus a été isolé : par exemple, AcMNPV est un virus isolé des chenilles d'Autographa californica, pouvant infecter une trentaine d'autres espèces de lépidoptères. Les polyhédroses nucléaires et les granuloses affectent principalement des lépidoptères ou des hyménoptères phytophages. Les virus d'insectes sont relativement spécifiques et sans danger pour les mammifères et autres vertébrés. Ils sont relativement tolérants aux conditions environnementales, sauf aux radiations ultraviolettes. Le principal désavantage associé à l'utilisation de virus entomophages en lutte biologique est la difficulté de les propager en masse à faible coût, du fait que leur multiplication requiert obligatoirement des tissus vivants provenant spécifiquement d'insectes pouvant servir d'hôtes (Cunningham, 1988).

Bactéries

Les bactéries utilisées en lutte biologique sont des bacilles sporulants dont le mieux connu est le Bacillus thuringiensis (B.t.) (Burges, 1982 ; Miller et al., 1983 ; Khachatourians, 1986 ; Payne, 1987). Deux souches du B.t. sont principalement exploitées en lutte biologique, le B.t. israelensis contre les diptères et le B.t. kurstaki contre les chenilles de lépidoptères ; ce dernier est disponible sous plusieurs marques (Bactospéine™, Bactur™, Dipel™, Thuricide™). Des recherches récentes ont permis d'isoler les B.t. tenebrionis et san diego qui sont spécifiques des coléoptères. Le B.t. se propage dans le milieu sous la forme d'un complexe infectieux spore/cristal constituant d'ailleurs l'ingrédient actif des biopesticides à base de B.t. (Miller et al., 1983 ; Aronson et al., 1986). Une fois ingéré, le B.t. provoque une paralysie stomacale de l'hôte par dissolution du cristal qui contient une toxine appelée d-endotoxine. La spore germe ensuite pour causer une septicémie mortelle. La d-endotoxine des biopesticides à base du B.t. suffit à tuer l'hôte par inanition, de sorte que l'action répressive ne dépend pas du pouvoir septicémique et épizootique du produit. Certaines souches comme le B.t. thuringiensis libèrent une autre toxine dite ß-exotoxine qui est moins spécifique et a montré des effets toxiques chez d'autres animaux que les insectes. La toxicité de la ß-exotoxine pour un ensemble diversifié d'insectes ravageurs, y compris le doryphore de la pomme de terre, a mené à l'application du B.t. thuringiensis comme biopesticide dans certains pays, notamment en URSS où il est distribué sous la marque Bitoxibacillin™ (Khachatourians, 1986 ; Boiteau, 1988). En Amérique, son emploi n'est permis qu'à titre expérimental à cause de sa toxicité pour des mammifères (Cantwell et al., 1985). La spécificité des B.t. et de leurs endotoxines en font des biopesticides sécuritaires et permettent une intervention précise, avec peu d'effets secondaires. Les bacilles peuvent être cultivés en masse in vitro sur des milieux nutritifs simples et peu coûteux.

Champignons

Bien que l'infection soit possible par ingestion, les spores des champignons peuvent germer en pénétrant activement au travers de la paroi du corps de l'insecte-hôte (Wraight et Roberts, 1987). Les champignons ont ainsi sur les autres microorganismes, l'avantage de pouvoir infecter aussi bien les adultes que les larves ou les oeufs de l'hôte. La propagation des maladies fongiques est favorisée dans certaines conditions ambiantes et, en particulier, par l'humidité qui est nécessaire à la germination (Ferron, 1978). Des espèces des genres Beauveria, Entomophthora, Hirsutella, Metarrhiziurn et Verticillium sont disponibles sous forme de biopesticides pour réprimer certains insectes ou mites nuisibles (Hall et Papierok, 1982 ; Miller et al., 1983 ; Wraight et Roberts, 1987). Certains champignons entomophages sont relativement faciles à cultiver en masse sur des milieux simples in vitro.

Protozoaires

Les mieux connus dans le contexte de la lutte biologique sont les microsporidies du genre Nosema (Brooks, 1980 ; Canning, 1981 ; Henry, 1981 ; Khachatourians, 1986). Ces pathogènes causent des maladies chroniques qui affaiblissent et affectent la croissance ou la fécondité de leur hôte, plutôt que de tuer rapidement. Cependant, un hôte infecté est moins résistant aux maladies et autres facteurs de mortalité. En général, les microsporidies ne sont pas des pathogènes assez virulents pour être utilisés comme biopesticides et on les classe après les B.t. et les virus et même les champignons, à cet égard.

Les principaux avantages des microorganismes entomophages sont :

- un potentiel de multiplication et de répression rapide très supérieur ;
- la production en masse bénéficiant de la technologie acquise en microbiologie appliquée ;
- l'application sur le terrain avec les techniques utilisées pour les pesticides chimiques.

Les principaux désavantages des pathogènes sont :

- l'incertitude d'obtenir des résultats à cause de leur sensibilité naturelle à l'adversité ;
- la faible durabilité et la capacité de dispersion limitée des spores ;
- l'hésitation du public et des législateurs face à leur utilisation en masse.

2. Entomophages parasites et prédateurs

Nématodes

Ces agents sont souvent considérés avec les microorganismes pathogènes, d'où le terme nématode entomopathogène (Poinar, 1979 ; Poinar et Thomas, 1985 ; Kaya, 1985). Les nématodes infectent leur hôte par les orifices naturels, souvent par ingestion. Tous les stades de l'hôte sont susceptibles, à l'exception de l'oeuf. Les espèces utilisées en lutte biologique (Neoplectana, Heterorhabditis et Steinernema) abritent des bactéries symbiotiques causant une septicémie mortelle chez l'hôte ; le complexe nématode-bactérie est nécessaire pour obtenir la mortalité de l'hôte. La dispersion et l'infection de nouveaux hôtes par ces nématodes sont assurées par des larves résistantes appelées « dauer ». Elles peuvent nager et être dispersées par l'eau. Certains de ces complexes némato-bactériens sont commercialisés sous la forme de biopesticides, utilisables en particulier contre des ravageurs logés dans le sol ou des galeries (Poinar, 1979, 1983 ; Webster, 1980 ; Rutherford et al., 1987).

Les principaux avantages des nématodes sont :

- la propagation en masse possible sur milieux de culture simples ;
- la durabilité des larves infectieuses en conditions favorables ;
- la spécificité relative, le grand nombre de ravageurs visés ;
- l'application par des techniques conventionnelles comme les microorganismes ;
- le niveau élevé de sécurité.

Les principaux désavantages des nématodes sont :

- la sensibilité des larves infectieuses à la sécheresse et aux radiations ;
- le pouvoir limité de dispersion des larves infectieuses ;
- la possibilité d'infection d'insectes utiles.

Insectes parasitoïdes

Les parasitoïdes exploités comme auxiliaires sont surtout des guêpes chalcidiennes ou ichneumonides et des mouches tachines. Les parasitoïdes ont un adulte actif avec de fortes capacités d'orientation et de repérage d'hôtes potentiels ; c'est la larve qui est parasitique. L'adulte ayant trouvé un hôte acceptable le pique pour déposer ses oeufs. Les stades d'hôte susceptibles au parasitisme sont les stades immatures et non pas l'adulte du ravageur (Askew, 1971). La relation parasitoïde-hôte est normalement très spécifique, mais les trichogrammes, parasites oophages (oeufs de lépidoptères) font un peu exception, ce qui a l'avantage d'en permettre l'élevage sur les oeufs d'hôtes non nuisibles ou peu coûteux à élever en masse. Peu de parasitoïdes ont été commercialisés et les tactiques de lutte biologique auxquelles ils se prêtent le plus souvent sont l'implantation d'espèces exotiques (Debach, 1974 ; Caltagirone, 1981 ; Greathead, 1986), la libération inoculative ou inondative (Ridgway et Vinson, 1977 ; King et al.,

1985) et la manipulation indirecte par modification du milieu (Nordlund, 1984 ; Hoy et Herzog, 1985).

Les avantages des parasitoïdes sont :

- une forte autonomie, une capacité élevée de dispersion et de repérage ;
- une spécificité très élevée, possibilité d'intervention très précise ;
- un niveau de sécurité élevé pour la santé humaine et la qualité du milieu ;
- une capacité d'autopropagation élevée, avec possibilité d'effets durables.

Les désavantages des parasitoïdes sont :

- une production en masse onéreuse, nécessitant l'élevage d'hôtes particuliers ;
- la livraison et la libération sur le terrain nécessitant des précautions ;
- la libération à la main, exigeante en main-d'oeuvre ;
- l'action non immédiate, limitant l'effet curatif ;
- les résultats dépendant des conditions atmosphériques ou climatiques ;
- une spécificité biologique élevée, un spectre d'action limité.

Prédateurs

Les insectes prédateurs les plus exploités en lutte biologique sont les coccinelles (coléoptères) ; des diptères cécidomyiides ; des punaises prédatrices (hémiptères) ; et les chrysopes (neuroptères) (Clausen, 1940 ; Lyon, 1983 ; Sunderland et Chambers, 1983). Les acariens qui ont une importance plus marquée en lutte biologique sont des phytoséiides (Hussey et Huffaker, 1976). Un prédateur peut éliminer plusieurs proies durant sa vie, sa voracité étant un indice de son potentiel de répression. La spécificité des prédateurs est relativement moins élevée que celle des parasitoïdes. Les cas de succès les plus fréquemment cités en lutte biologique impliquent des coccinelles prédatrices. Cependant, tout comme pour les parasitoïdes, peu de prédateurs ont été commercialisés, les tactiques employées ayant surtout été l'implantation de prédateurs exotiques, la libération inoculative ou inondative et la manipulation indirecte par modification du milieu.

Les avantages des prédateurs sont :

- un potentiel de dispersion autonome et de repérage très élevé ;
- un pouvoir d'exercer une répression immédiate et intense, possibilité en lutte curative ;
- un niveau élevé de sécurité pour la santé humaine et la qualité du milieu ;
- la spécificité biologique permettant d'épargner les insectes bénéfiques ;

- un potentiel d'autopropagation et de survie autonome élevé, possibilité d'effet durable.

Les désavantages des prédateurs sont :

- une production en masse onéreuse, nécessitant des proies vivantes ;
- la nécessité de précautions pour la livraison et la libération, possibilité de cannibalisme ;
- la libération manuelle, exigeante en main-d'oeuvre ;
- des résultats incertains à cause de la sensibilité aux conditions climatiques ;
- la possibilité d'inactivité ou de dispersion à faible densité de proie ;
- une possibilité d'interférence par des proies alternatives.

ANNEXE B

Personnes-ressources en lutte biologique contre les insectes et acariens ravageurs

1. AU QUÉBEC

(incluant les ravageurs forestiers et les insectes piqueurs)

INSTITUTION	PERSONNES	SPÉCIALITÉ(S)
Agriculture Canada Saint-Jean-sur-Richelieu	G. Bélair	Nématologie
	G. Boivin	Lutte intégrée en culture maraîchère ; lutte biologique contre le charançon de la carotte
	N. Bostanian	Répression des ravageurs du pommier
	C. Vincent	Lutte intégrée en pomiculture
Centre de foresterie des Laurentides Sainte-Foy	D. F. Perry	Champignons entomopathogènes
	W. D. Quednau	Parasitoïdes des ravageurs des arbres
	J. Valero	Biopesticides contre la tordeuse des bourgeons
Institut Armand-Frappier, Laval	S. Belloncik, M. Arella et collaborateurs	Virus entomopathogènes ; ArGV (virus de la piéride du chou)
Institut de recherche en biotechnologie de Montréal	R. Brousseau, L. Masson et collaborateurs	B.t. kurstaki, manipulation génétique et photostabilité
Collège Macdonald Sainte-Anne-de-Bellevue	G. Dunphy	Nématodes entomogènes
	S. Hill, S. Johnson et collaborateurs	Agriculture biologique ; lutte biologique en serre contre les thrips
	R. K. Stewart et collaborateurs	Parasitoïdes des punaises phytophages
	W. Yule, T. Searle et collaborateurs	Champignons entomopathogènes des insectes du sol
Service de recherche en phytotechnie MAPAQ, Sainte-Foy	R.-M. Duchêsne	Lutte intégrée contre le doryphore ; biopesticides
Université du Québec à Montréal	D. Coderre	Coccinelles prédatrices
Sciences biologiques	J.-C. Tourneur	Prédateurs généralistes
Université du Québec à Trois-Rivières Chimie-Biologie	G. Charpentier, J. Boisvert et collaborateurs	B.t. israelensis contre les diptères piqueurs
Université Laval Biologie, Sainte-Foy	C. Cloutier et collaborateurs	Biologie, écologie et comportement des parasitoïdes
	J. McNeil et collaborateurs	Noserna contre le doryphore de la pomme de terre ; biologie et écologie d'Aphidius nigripes

2. AILLEURS AU CANADA (liste sélective)

INSTITUTION	PERSONNES	SPÉCIALITÉ(S)
Agriculture Canada Agassiz, C.-B.	D. R. Gillespie	Lutte biologique en serre ; acariens prédateurs
Agriculture Canada Fredericton, N.-B.	G. Boiteau	Lutte intégrée contre les ravageurs de la pomme de terre
Agriculture Canada Harrow, Ontario	R. P. Jaques	Biopesticides contre les ravageurs des cultures ; virus ; Bacillus thuringiensis
Agriculture Canada Ottawa, Ontario	D. G. Harcourt	Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures
Agriculture Canada Vancouver, C.-B.	B. Frazer D. Raworth	Coccinelles prédatrices ; tétranyques ; acariens phytoséiides
Alberta Environmental Centre, Vegreville, Alb.	M. Y. Steiner	Lutte intégrée en serres
Applied Bionomics Ltd. Sydney, C.-B.	L. Gilkeson	Lutte biologique en serre ; acariens prédateurs
Centre de recherche biosystématique Groupe de lutte biologique Ottawa, Ontario	J. S. Kelleher et M. J. Sarrazin	Importation d'agents exotiques ; facilités de quarantaine
Université de Guelph Guelph, Ontario	J. E. Laing et collaborateurs	Parasitoïdes ; importation, élevage en masse, libération ; facilités de quarantaine
Université Simon Fraser Burnaby, C.-B.	J.- M. Webster, T. Rutherford et collaborateurs	Nématodes entomopathogènes
	J. P. M. Mackauer et collaborateurs	Parasitoïdes des pucerons

ANNEXE C

Fournisseurs d'auxiliaires de lutte biologique et fabricants de biopesticides pour le Canada

1. Auxiliaires prédateurs et parasites des ravageurs de serre

Applied Bionomics Ltd.
P.O. box 2037
Sidney, C.-B., V8L 4C1
(Phytoseiulus persimilis ; Encarsia formosa ; Aphidoletes aphidimyza ; Amphyseius cucumeris ; Hippodamia convergens ; etc.)

Better Yield Insects (dépliant français disponible)
P. O. Box 3451 Tecumseh Station
Windsor, Ontario, N8N 3C4
(Phytoseiulus persimilis ; Encarsia formosa ; Aphidoletes aphidimyza ; Amblyseius mackenziei ; etc.)

Groupe Biocontrôle (distributeur de produits Duclos, France)
Division : Service antiparasitaire
2 600, rue Dalton
Sainte-Foy (Québec), G1P 3S4
(Phytoseiulus persimilis ; Encarsia formosa)

2. Bacillus thuringiensis kurstaki

Les biopesticides suivants étaient jusqu'à récemment les seuls homologués pour la répression d'insectes ravageurs des productions agricoles. Ils sont destinés à la répression des chenilles de lépidoptères, à l'extérieur ou en serre ; sur les légumes, notamment les crucifères ; sur les ornementales, le pommier ou les arbres. Ces produits sont largement disponibles.

PRODUIT	FABRICANT (distributeur)
Dipel WP	Laboratoires Abbott Limitée Division des produits chimiques et agricoles Montréal (Québec) Canada, H4P 1A6
Bactospeine	Salsbury Laboratories Inc. Biochem Products Division Montchanin, Delaware 19710 et Chemagro Limitée 256 Britannia Road Mississauga, Ontario, Canada, L4Z 1S6)
Envirobac WP	Pfizer C. & G. Inc. 1 Wilton Grove Road London, Ontario, Canada, N6A 4C6
Thuricide HPC	Sandoz Agro Canada Inc. Suite 302, Plaza 4 2000 Argentia Rd. Mississauga, Ontario, Canada, L5N 1W1